

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARCOS MEURER DA SILVA

Modelo de implantação de parques eco-industriais: Uma proposta conceitual

Maringá - PR
2021

MARCOS MEURER DA SILVA

Modelo de implantação de Parques eco-industriais no Brasil: Uma proposta conceitual

Projeto de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.
Área de concentração: Engenharia de Produção

Orientador(a): Prof. Dr. Marco Antônio Ferreira

Maringá - PR
2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586m

Silva, Marcos Meurer da

Modelo de implantação de parques eco-industriais uma proposta conceitual : uma proposta conceitual / Marcos Meurer da Silva. -- Maringá, PR, 2021.
111 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Ferreira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2021.

1. Parques eco-Industriais. 2. Gerenciamento ambiental. 3. Economia circular. 4. Simbiose industrial. I. Ferreira, Marco Antonio, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDD 23.ed. 658.5

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCOS MEURER DA SILVA

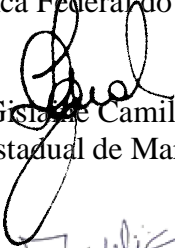
Modelo de implantação de Parques eco-industriais: Uma proposta conceitual

Projeto de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Banca Examinadora composta pelos membros:

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marco Antonio Ferreira
Universidade Estadual de Maringá – DEP/UEM
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/DAENP



Profa. Dra. Gisela de Camila Lapasini Leal
Universidade Estadual de Maringá – DEP/UEM



Prof. Dr. Reginaldo Fidelis
Universidade Federal Tecnológica do Paraná – DAMAT/UTFPR

Aprovada em: 27 de agosto de 2021.

Local da defesa: <https://meet.google.com/qgx-vjhw-smg>, conforme, PORTARIA CAPES Nº 36, DE 19 DE MARÇO DE 2020 e Ofício Circular nº 10/2020-DAV/CAPES.

DEDICATÓRIA(S)

Aos meus pais, Irene e Amarildo, que sempre acreditaram em mim, apoiaram e continuam apoiando cada passo da minha caminhada.

AGRADECIMENTO(S)

Primeiramente, agradeço a Deus que me permitiu seguir firme no propósito e que nunca me deixou desistir.

Aos meus pais Irene e Amarildo que desde o início me apoiaram e sempre me deram forças para continuar lutando todos os dias por esse objetivo que eu sonhava alcançar.

À minha noiva Adele que sempre me motivou e buscou me dar ânimo nos dias mais difíceis e poder tornar o presente momento possível.

Ao professor e orientador Marco Antonio que mesmo diante de minhas dificuldades e falhas acreditou em mim e me instruiu para que eu pudesse desenvolver este trabalho, auxiliando também no meu desenvolvimento pessoal.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PGP e também à Universidade Estadual de Maringá – UEM por fornecer toda a estrutura física e acadêmica como um todo no decorrer do mestrado.

Aos amigos de turma, principalmente os bolsistas que juntos desde o início compartilharam das dores e alegrias durante o período e com certeza foram fundamentais para este momento.

Aos meus amigos de Dourados-MS que me acompanharam nessa caminhada e me apoiaram, mesmo que de longe.

À CAPES pelo apoio financeiro e por possibilitar a realização da pesquisa.

EPÍGRAFE

“É muito melhor lançar-se em
busca de conquistas grandiosas,
mesmo expondo-se ao fracasso,
do que alinhar-se com os pobres
de espírito, que nem gozam
muito nem sofrem muito,
porque vivem numa penumbra
cinzenta, onde não conhecem
nem vitória, nem derrota”

(Theodore Roosevelt)

Modelo de implantação de Parques eco-industriais: Uma proposta conceitual

RESUMO

A crescente preocupação com a geração de resíduos decorrente da atividade industrial tem despertado interesse nas mais diversas áreas conhecimento a fim de mitigar os efeitos negativos causados. Com isso, destaca-se a difusão de conceitos e mecanismos que possibilitam considerar aspectos ambientais, sociais, político-legais e econômicos. A introdução de práticas relacionadas à Economia Circular, Simbiose Industrial e Parques eco-industriais se inserem como práticas que podem auxiliar nesse processo de redução de resíduos por meio de um sistema de trocas de elementos. Inserido neste contexto, este trabalho apresenta como objetivo criar um modelo de implantação de parque eco-industrial contendo indicadores e mecanismos de avaliação de desempenho ambiental, social e econômico, dentro de uma perspectiva que atenda a um país de economia emergente como o Brasil. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus* a fim de investigar a literatura acerca do tema e compreender características essenciais do objeto de estudo como os modelos de implantação de Parques eco-industriais existentes, os indicadores de avaliação de desempenho utilizados e as características que configuram e promovam a economia circular e simbiose industrial. A partir dos resultados obtidos com a sistematização, foram selecionados 58 artigos considerados elegíveis para o estudo. Uma classificação e categorização foi realizada a fim de extrair informações específicas dos artigos. Os resultados mostram a ausência de indicadores de avaliação dos impactos sociais, mecanismos de projeto de eco-parques e a disseminação da economia circular ainda são pouco exploradas, principalmente no contexto do Brasil, entretanto a literatura sugere que casos de sucesso como na China possam ser explorados para fornecer um caminho às partes interessadas no desenvolvimento de tais práticas e conceitos.

Palavras-chave: Parque eco-industrial. Simbiose industrial. Economia circular. Gerenciamento ambiental.

Implementation model of Industrial Eco-Parks: A conceptual proposal

ABSTRACT

The growing concern with the generation of waste resulting from industrial activity has aroused interest in the most diverse knowledge areas in order to mitigate the negative effects caused. With this, the diffusion of concepts and mechanisms that make it possible to consider environmental, social, political-legal and economic aspects is highlighted. The introduction of practices related to Circular Economy, Industrial Symbiosis and Industrial Eco-parks are inserted as practices that can assist in this waste reduction process through an element exchange system. Inserted in this context, this work aims to create a model for the implementation of an industrial eco-park containing indicators and mechanisms for assessing environmental, social and economic performance, within a perspective that serves an emerging economy country like Brazil. For this, a systematic bibliographic review was carried out in the Web of Science and Scopus databases in order to investigate the literature on the subject and understand essential characteristics of the object of study, such as the existing models for the implementation of existing Industrial Eco-Parks, the indicators of performance evaluation used and the characteristics that configure and promote the circular economy and industrial symbiosis. From the results obtained with the systematization, 58 articles selected as eligible for the study were selected. A classification and categorization were carried out in order to extract specific information from the articles. The results show the absence of social impact assessment indicators, eco-park design mechanisms and the dissemination of the circular economy are still little explored, especially in the context of Brazil, however the literature suggests that successful cases like in China can be explored to provide a way for stakeholders to develop such practices and concepts. The political-governmental scope is also cited in the literature as one of the main barriers and, therefore, must be considered when proposing sustainable mechanisms.

Keywords: Industrial eco-park. Industrial symbiosis. Circular economy. Environmental management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Abrangência da Ecologia Industrial	21
Figura 2 – Bases da Ecologia Industrial.....	23
Figura 3 - Etapas da sistematização	30
Figura 4 – Método de pesquisa.....	35
Figura 5 – Recursos trocados	36
Figura 6 - Benefícios abordados	37
Figura 7 - Indicadores de avaliação	37
Figura 8 – Rede de citação dos autores.....	50
Figura 9 – Rede de co-citação das fontes.....	52
Figura 10 – Rede de acoplamentos das fontes.....	53
Figura 11 – Rede de co-ocorrência de termos	55
Figura 12 – Rede de co-citação dos autores	56
Figura 13 – Lacunas na literatura	57
Figura 14 – Pesquisas futuras em EIP.....	58
Figura 15 – Metodologia	72
Figura 16 - Classificação dos resíduos sólidos.....	76
Figura 17 – Fluxo básico da logística reversa	77
Figura 18 – Modelo de Implantação	79
Figura 19 – Esquema de simbiose industrial do parque.....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação e categorias	31
Quadro 2 – Classificação e categorias	33
Quadro 3 – Síntese dos principais resultados	38
Quadro 4 – Autores com mais citações.....	50
Quadro 5 – Co-citação das fontes.....	51
Quadro 6 - Acoplamentos bibliográfico das fontes	52
Quadro 7 - Co-ocorrência de termos.....	54
Quadro 8 - Co-citação dos autores.....	55
Quadro 9 – Descrição dos especialistas	72
Quadro 10 – Fases da implantação	79
Quadro 12 - Matching entre as empresas	86
Quadro 13 – Indicadores de avaliação de SI	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PNRS	<i>Política Nacional de Resíduos Sólidos</i>
EI	<i>Ecologia Industrial</i>
EC	<i>Economia Circular</i>
SI	<i>Simbiose Industrial</i>
EIP	<i>Eco-Industrial Park</i>
EPI	<i>Eco-Parque industrial</i>
PEI	<i>Parque eco-industrial</i>
PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	14
1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA.....	14
1.2 OBJETIVOS	16
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA	17
CAPÍTULO 3 - ARTIGO 1	19
1. INTRODUÇÃO	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Ecologia Industrial	21
2.2 Economia circular, simbiose industrial e parques eco-industriais	24
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
4. RESULTADOS DA SISTEMATIZAÇÃO.....	32
4.1 Análise Bibliométrica.....	49
4.2 Perspectivas futuras e continuidade do estudo.....	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	60
CAPÍTULO 4 - ARTIGO 2	70
1. INTRODUÇÃO	70
2. METODOLOGIA	71
2.1 Procedimentos metodológicos	71
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	73
3.1 Ecologia industrial.....	73
3.2 Ecossistemas industriais	73
3.3 Ecologia Industrial e Política Nacional de Resíduos Sólidos	75
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
4.1 Construção do modelo	78
4.2 Avaliação dos especialistas.....	83
4.3 Prova de constructo do modelo	85
4.3.1 Atores chave.....	85
4.3.2 Governança	85
4.3.3 Instrumentos político-legais.....	86
4.3.4 Conjunto informacional e <i>Matching</i>	86

4.3.5 Indicadores ambientais, sociais e econômicos	89
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS	90
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS.....	101

INTRODUÇÃO

1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA

O presente estudo pode ser observado a partir de duas perspectivas. A primeira parte da realização de uma revisão bibliográfica sistemática acerca do assunto, na qual, evidencia a escassez de pesquisas referentes ao objeto de estudo deste trabalho. A segunda parte, corrobora com os resultados obtidos a partir da revisão sistemática, e trata-se de autores que salientam a necessidade de trabalhos que preencham as lacunas.

No que se refere a revisão bibliográfica sistemática, a pesquisa se deu nas bases de dados internacionais *Web of Science* e *Scopus*, com os termos de busca “*Eco-industrial park, industrials symbiosis e circular economy*” de maneira combinada conforme é melhor explicitada no Capítulo 3 deste trabalho. Foram encontrados um total de 417 artigos que foram filtrados e refinados para um total final de 58 artigos. O critério de seleção utilizado era os artigos que tratassem de modelos de implantação de parques eco-industriais, características que constituem um parque eco-industrial e indicadores/avaliadores de desempenho de parques eco-industriais.

Diante dos resultados encontrados, apenas três trabalhos são de origem brasileira, sendo que nenhum deles apresenta um modelo de implantação ou estudo referente a concepção de parques eco-industriais. Ademais, dois artigos tratam apenas de indicadores ambientais enquanto que o outro cita indicadores sociais, entretanto, nenhum deles realizam uma abordagem que reflita os impactos ambientais, sociais e econômicos. Em suma, verifica-se que a literatura se preocupa com a disseminação de mecanismos auxiliares na implantação de parques eco-industriais, por meio de representações de barreiras, facilitadores e desafios no processo de implantação. Logo, existe uma lacuna de trabalhos que possam fornecer uma base para implantação e avaliação dos impactos de eco-parques no Brasil.

Liu e Côté (2017) propõem um *framework* para implementação da economia circular em parque eco-industrial. Destacam ainda, o fundamental apoio e comprometimento do governo para sucesso do parque eco-industrial e sugerem como proposta de trabalhos futuros a adequação do modelo a realidade de outros países, já que o mesmo foi desenvolvido com base na realidade da China.

Em complementaridade quanto aos modelos de implantação, cabe destacar a importância de construir um sistema abrangente de apoio à decisão para atender a diferentes tipos de parques eco-industriais. Um modelo de avaliação pode ser modificado integrando-se aos resultados da pesquisa de disciplinas relacionadas, como ecologia, economia regional e engenharia de sistemas. Portanto, um novo modelo de avaliação pode ser gerado com base na interdisciplinaridade e na multi-perspectiva (ZHAO HAORAN; ZHAO HUIRU; GUO, 2017).

Já Hein *et al.* (2015) apresentam um *framework* integrador com aspectos ambientais, econômicos e sociais para o projeto de um parque eco-industrial na Dinamarca. Contudo, os autores salientam a necessidade de uma construção mais robusta e sistematizada de modelos de aplicação em Eco-Industrial Parques (EIPs).

Novamente, o aprimoramento de indicadores de desempenho aplicado a EIPs é ressaltado por Huang *et al.* (2019), que explicitam a carência de avaliação dos benefícios sociais. No estudo, a experiência da China no estabelecimento de padrões e indicadores de EIPs fornecem lições para outros países no desenvolvimento de mecanismos de avaliação.

No estudo desenvolvido por Gomez, Gonzalez e Barcena (2018) os autores sugerem que benefícios significativos podem ser obtidos pela incorporação de um sistema inteligente de gerenciamento de informações que permite o gerenciamento e integração dos processos de informação com o objetivo de viabilizar a tomada de decisão na perspectiva da Economia Circular (EC). Assim, é possível fornecer informações organizadas disponíveis e acessíveis, o que facilita a identificação das relações entre fluxos e melhora avaliação sob os critérios ecológicos, econômicos e sociais. Ainda, sugerem que pesquisas futuras sejam orientadas para a integração da perspectiva tripla: ecológica, econômica e social.

Logo, entende-se a carência de estudos no Brasil quanto a proposição de modelos de implantação, mecanismos de avaliação de impactos ambientais, sociais e econômicos de EIPs que possibilitem o poder público e privado a aderir ações que promovam as práticas de Simbiose Industrial (SI) e Economia Circular (EC). A revisão bibliográfica sistemática evidencia uma lacuna em estudos robustos no Brasil, assim como diversos autores de outros países que desenvolveram modelos e exprimem a necessidade de adaptação dos modelos criados para aplicação em outros casos.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a concepção de um modelo de implantação de Parques eco-industriais a partir da caracterização de elementos da economia circular que o modelo deve apresentar para adequada inserção em um país de economia emergente como o Brasil.

Para o alcance de tal propósito, o objetivo geral pode ser desdobrado em alguns objetivos específicos:

- Sistematizar e categorizar a literatura sobre as características que configuram um parque eco-industrial;
- Identificar lacunas e consolidação de conceitos sobre a configuração de um parque eco-industrial;
- Elaborar um modelo de implantação que considere aspectos econômicos, ambientais e sociais cujas características se apliquem a um país emergente como o Brasil;
- Realizar a prova de constructo do modelo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação está organizada em um formato *multipaper*, na qual, são apresentados dois artigos científicos que estão conjuntamente ligados a uma introdução geral, método de pesquisa e considerações finais. Para tanto, há cinco capítulos, a introdução consiste na apresentação geral do estudo abordando o contexto em que a pesquisa é concebida e os objetivos da mesma. Dando sequência a esta introdução, o capítulo 2 apresenta a metodologia abordada para o estudo. O capítulo 3 apresenta o primeiro artigo que é originado a partir de uma revisão sistemática da literatura. Em seguida, o capítulo 4 apresenta o segundo artigo, que retrata o processo de proposição de um modelo de implantação, bem como os resultados obtidos a partir do estudo de caso realizado. Por fim, o capítulo 5 traz as considerações finais acerca de ambos os artigos.

METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado na condução da pesquisa. Para a elaboração do estudo e, conseqüente organização em dois artigos, inicialmente uma revisão sistemática da literatura (artigo 1) foi realizada a fim de subsidiar a construção do modelo conceitual de implantação (artigo 2).

Para a concepção do modelo conceitual de parques eco-industriais a revisão sistemática da literatura foi realizada para conceber os principais elementos necessários que um parque deste tipo deve conter. De acordo com Amui et al. (2017) a revisão sistemática possibilita a extração de objetos a serem estudados em pesquisas subsequentes, fornecendo uma sumarização dos principais pontos a serem considerados, além de identificar possíveis lacunas de pesquisa ainda inexplorados.

Para Junior e Godinho Filho (2010) alguns procedimentos metodológicos podem ser seguidos a fim de possibilitar sistematicamente a condução da revisão. Assim, neste estudo quatro passos foram definidos e adaptados. O primeiro se refere à definição das palavras-chaves, pesquisa às bases de dados e submissão dos resultados encontrados aos filtros ou critérios de exclusão/seleção. O segundo passo consiste na classificação dos artigos selecionados no passo anterior. O terceiro passo refere-se ao processo de classificação destes artigos em um conjunto de categorias que se deseja investigar em cada um dos trabalhos.

Por fim, o quarto passo representa a elaboração de uma síntese da literatura acerca dos artigos selecionados e apresentação de dados quantitativos sobre a sistematização.

A partir revisão sistemática da literatura realizada, parte-se então para a concepção do modelo conceitual de implantação de parques eco-industriais (artigo 2). Para tanto, três fases podem ser consideradas no procedimento metodológico adotado.

A primeira fase é a construção do modelo conceitual, que partiu dos resultados obtidos pela revisão sistemática e pela fundamentação teórica sobre os conceitos que permeiam o estudo. A segunda fase parte da verificação de aderência do modelo com o auxílio de especialistas, explicitando a necessidade de exclusão ou inclusão de etapas estabelecidas no modelo construído.

Como fase final, uma prova de constructo foi realizada a fim de exemplificar a aplicação de algumas etapas do modelo de implantação após as considerações realizadas pelos especialistas.

Sistematização de modelos de implantação de parques eco-industriais: Uma lacuna teórica-metodológica

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos decorrente da atividade industrial tem despertado crescente preocupação da sociedade e dos gestores que buscam novas formas de reduzir os impactos negativos causados e fornecer apropriado destino para os resíduos (JAMBECK, 2015; ARIKAN; ŞİMŞIT-KALENDER; VAYVAY, 2017). Ademais, com o crescimento populacional, o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias para atender a demanda da população é iminente, acarretando em um aumento da produção de resíduos, bem como a dispersão dos mesmos no meio ambiente (LUPO; CUSUMANO, 2018).

Para Laurent *et al.* (2014) o aumento considerável da produção de bens e serviços contribui fortemente para o acúmulo de resíduo sólido urbano nas cidades, principalmente, se observado o aspecto cultural de consumo exagerado na busca por qualidade de vida e prazer material das pessoas e da forma com que as empresas lidam com a produção sustentável.

De acordo com Inoue *et al.* (2016) a produção de resíduos de maneira excessiva agrava ainda mais a disposição inadequada de materiais em aterros sanitários, principalmente se considerar a inexistência de programas de reaproveitamento ou reciclagem.

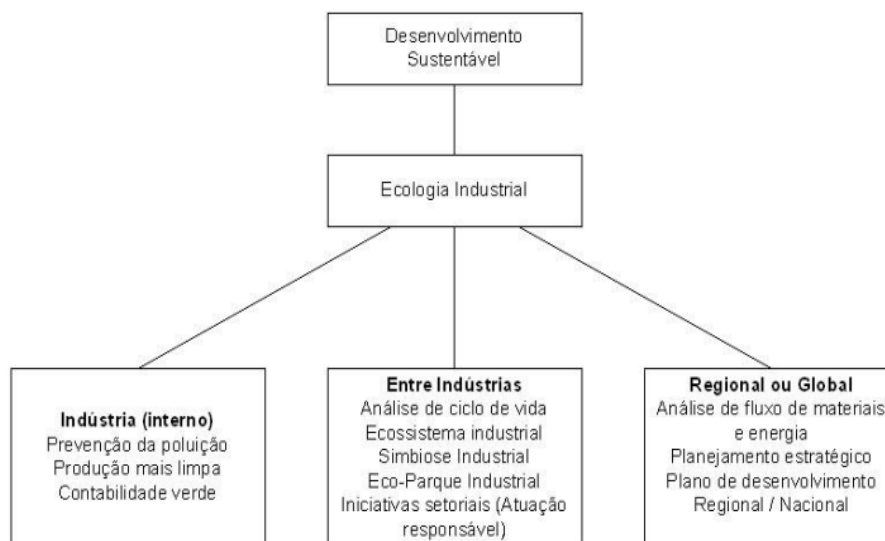
Newell e Cousins (2015) ressaltam que a busca pela destinação final adequada dos resíduos industriais e resíduo urbano tem sido objeto de estudo em pesquisas científicas há décadas. Outros autores também salientam a necessidade urgente de desenvolvimento de modelos e proposições de mecanismos para uma eficiente gestão ambiental, principalmente em países emergentes (PAULIUK; HERTWICH, 2015; FUJI *et al.*, 2012; ZURBRÜGG *et al.*, 2012).

A pressão exercida sobre as empresas acerca da necessidade de mitigação dos impactos ambientais aumenta significativamente a necessidade de lidar com a sustentabilidade no processo de produção (BOCKEN; RANA; SHORT, 2015).

No contexto das práticas ambientais industriais, a Ecologia Industrial (EI) se insere como um dos precursores no âmbito da manufatura de forma a oferecer uma gama de conceitos e práticas que podem ser adotadas na iniciativa pública ou privada. Uma disseminada extensão da EI é a Economia Circular (EC), que se trata de um modelo de economia baseado na circulação energética da ecologia, isto é, o arranjo das atividades econômicas por meio de processos de retroalimentação que imitam ecossistemas da natureza (CHEN, 2009; GENG; DOBERSTEIN, 2008).

Diferentemente de uma economia linear, a economia circular surge com o intuito de viabilizar a produção de bens por meio de um fluxo de materiais e resíduos em ciclo fechados, com objetivo de desafiar a escassez de recursos virgens e geração de resíduos. (HOMRICH *et al.*, 2018; SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016). Logo, outro conceito que se insere no conjunto de práticas que podem auxiliar na gestão ambiental dos resíduos e na promoção da economia circular é a Simbiose Industrial (SI) que habilita um conjunto de organizações a realizar trocas de resíduos, água, energia e subprodutos a fim de obter vantagens econômicas e operacionais mútuas entre as indústrias constituintes do sistema simbiótico (CHERTOW, 2000).

De acordo com a abrangência de atuação, a ecologia industrial pode ser abordada de três formas distintas. A Figura 1 apresenta o escopo do conceito.

Figura 1 – Abrangência da Ecologia Industrial

Fonte: Adaptado de Chertow (2000)

No que tange na relação entre as indústrias deve-se considerar que a SI, é um conceito chave para o desenvolvimento de Parques eco-industriais (EIP) (AGARWAL; STRACHAN, 2006; CHERTOW, 1998). Segundo Chertow (2000) o ambiente ideal para a concepção da SI são os parques industriais, já que as empresas constituintes precisam melhorar as ações sustentáveis.

Contudo, nota-se a existência de um conjunto de conceitos e práticas que são abordados na literatura que podem promover a implementação de parques eco-industriais, além da disseminação de barreiras, facilitadores e desafios para a adoção de um projeto de implantação. Entretanto, predominam mecanismos descritivos, evidenciando a necessidade de uma análise e fornecimento de modelos e mecanismos de implantação que apoiem os gestores nas tomadas decisões.

Este artigo tem como objetivo apresentar um mapeamento da literatura referente aos modelos de implantação de parques eco-industriais, identificando os principais elementos e características da ecologia industrial que os mesmos possuem em um processo de implantação, além de indicadores e mecanismos de avaliação de desempenho ambiental, social e econômico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ecologia Industrial

A Ecologia Industrial trata-se de um recente campo de conhecimento interdisciplinar, na década de 1970 surgiram os primeiros trabalhos, nos quais aproximou os sistemas industriais

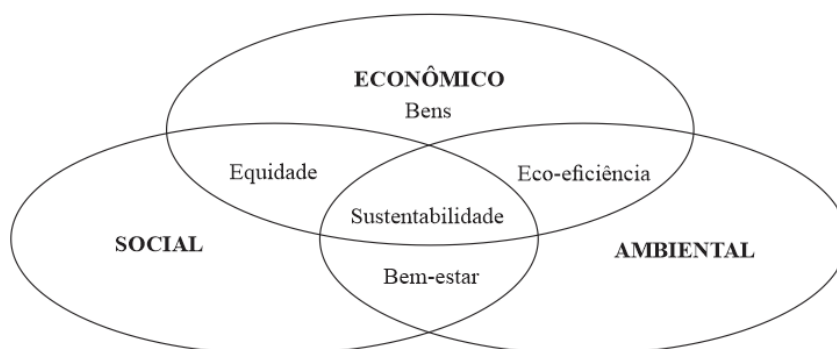
dos ecossistemas “naturais”. Esse campo surge devido à preocupação com os impactos que as atividades de produção tinham sobre o meio ambiente, de modo que se busca a otimização de fluxos e a eficiência na utilização dos recursos, fechando os ciclos de produção e consumo (FRANCISCO, 2016).

A fim de promover a interação sinérgica entre as esferas tecnológica e ecológica, além da economia cíclica, são consideradas os fluxos de materiais e energia, bem como as operações, instalações e edifícios. A ecologia Industrial possui aplicações espaciais e de localização, levando em consideração os aspectos relacionados às especificações geográficas e econômicas de cada região, como as disponibilidades de recursos (FROSCHE, 1992).

Existem duas noções na Ecologia Industrial. A primeira noção está relacionada com a inclusão das atividades tecnológicas, como processos produtivos, consumo e descarte, no contexto dos ecossistemas, os quais fornecem os recursos e onde são destinados os resíduos desses processos. A segunda noção, também chamada de “analogia biológica” ou “analogia ecológica”, está relacionada com o estabelecimento dos ecossistemas naturais, sendo considerada a eficiência deles, onde a energia e os materiais circulam de forma cíclica, de modo a ser como modelo para os sistemas produtivos, possuindo o intuito de mimetizá-los (LIFSET, 2002).

Esta analogia sugere que a reestruturação dos sistemas industriais deveria ser por meio dos princípios organizacionais dos ecossistemas naturais (GUIMARÃES, 2015). Assim surge o termo ecossistemas industriais, onde cada organização demanda individualmente por matérias-primas e gera produtos que serão vendidos e efluentes que serão depositados, sendo que o consumo de energia e materiais se tornam mais eficientes, e os resíduos de um processo servem como matéria-prima de outro (FRANCISCO, 2016).

Segundo Alves (2007) a Ecologia Industrial tem como fundamento 3 bases primárias: Meio Ambiente, Economia e Social. O Meio ambiente é de onde se extrai a matéria prima, no qual requer a proteção do ambiente físico e seus recursos, de modo que a natureza seja capaz de absorver as alterações sofridas e se recuperar. A economia requer o equilíbrio entre o ecologicamente correto e os ganhos financeiros, gerando a facilidade do acesso aos recursos, a oportunidade e a prosperidade. A base social diz respeito ao oferecimento de recursos e ferramentas dignas de trabalho, bem como a qualidade de vida. A figura 2 ilustra as bases da ecologia industrial.

Figura 2 – Bases da Ecologia Industrial

Fonte: Alves (2007)

Dessa forma, a ecologia industrial surge da aspiração humana de inserir os sistemas industriais com os sistemas que pertencem a natureza. Assim, oferece uma visão ampla que considera as necessidades da natureza e do ser humano, não somente econômicas, mas também as necessidades ambientais e sociais (ISENMANN, 2003).

Visto que o estudo foi realizado diante de diferentes áreas, tendo as principais como a ecologia, a economia e a engenharia, há variadas definições sobre o tema Ecologia Industrial, os autores concordam sobre os conceitos que abrange (ERKMAN, 1997). Tais conceitos incluem:

- Possui visão sistêmica do processo produtivo e da interação com o meio ambiente;
- Trata os processos produtivos como entradas e saídas de materiais;
- A capacidade de suporte do meio ambiente é considerada no cálculo do impacto ambiental;
- Procura a aproximação das atividades industriais a um ciclo fechado, sendo otimizado o ciclo dos materiais, desde da extração da matéria-prima até a destinação final dos efluentes;
- Conectar firmas individuais em ecossistemas industriais;
- Otimizar a utilização de materiais e energia;
- Reduzir a geração de efluentes.

Tendo analisado os itens pontuados, a relação indústria e ambiente é vista como algo conjunto, um ciclo. Pois ao ter um processo de produção que se inter-relacionam com o meio considera qual será o impacto e capacidade do ambiente. Aprimorando no uso total dos materiais, desde a coleta da matéria prima ao destino final do resíduo, aumentando também a eficiência na utilização dos materiais e energia (FRANCISCO, 2016).

Sendo assim, um conjunto de empresas formam um ecossistema industrial, que minimizam a geração de resíduos por meio da reutilização e reciclagem, como o mínimo de descarte, sendo algo cíclico em estado de fluxo contínuo. Essa é a contraproposta referente à base sistemática vigente, na qual se baseia em um processo linear de produção, consumo e descarte (FRANCISCO, 2016).

2.2 Economia circular, simbiose industrial e parques eco-industriais

A Economia Circular surge como uma forma de oposição ao sistema linear tradicional, onde a extração de matérias-primas virgens, a disposição de resíduos e impactos ambientais são ignorados durante toda a cadeia produtiva, de modo que o potencial energético dos resíduos é desperdiçado na forma de poluição (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016). O sistema linear pode ser transformado em circular por meio da conexão entre o uso dos recursos e a geração de resíduos (BILITEWSKI, 2012).

No sistema de produção e de consumo, são criados percursos fechados por onde os recursos transitam em movimentos circulares, no qual as atividades são combinadas para atuarem sinergicamente, permitindo que alimentem umas pelas outras (SAUVÉ; BERNARD, SLOAN, 2016).

A Economia Circular tem como base o reconhecimento que os recursos e energias do planeta possuem limites, entendendo o mundo como um “sistema” no qual os resíduos e poluição representam fracassos (BROCKEN *et al.*, 2016).

Assim, a Economia Circular pode ser representada como um ciclo positivo de desenvolvimento contínuo, por onde existe a preservação e o reforço do capital natural, otimizando os rendimentos dos recursos e, por meio da gestão das reservas finitas e dos fluxos renováveis, são minimizados os riscos do sistema (MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

Chertow (2000) indica a utilização de alguns instrumentos para a possibilidade do desenvolvimento da Ecologia Industrial. São destacados a Simbiose Industrial e Parque eco-industrial como os mais fundamentais, pois ambos integram de forma harmônica a ideia de um ciclo fechado no ecossistema industrial.

Assim, Lowe (2001) apresenta os princípios da Ecologia Industrial:

- Realizar a conexão das firmas individuais em ecossistemas industriais;
- *Loops* fechado por meio do reuso e da reciclagem;
- Reduzir a geração de resíduos;

- Realizar a definição de quais resíduos são potenciais de uso para outras empresas;
- Realizar o balanceamento das entradas e saídas, de modo a adequar a capacidade do ecossistema natural;
- Evitar e Reduzir o transporte e a criação de materiais tóxicos e perigosos;
- Projetar processos para reduzir a utilização de energia;
- Fazer mais com menos;
- Realizar o alinhamento da política com a evolução a longo prazo;
- Projetar o Sistema Industrial de modo a levar em conta as necessidades sociais e econômicas das comunidades locais;
- Desenvolver a oportunidade de empregos e otimizar a atividade local.

Nesse contexto da EI e EC, segundo Lyons (2007) devido ao aumento da geração de resíduos e da escassez de recursos naturais, foram desenvolvidas estratégias para fechar o ciclo do fluxo de materiais, das quais se destaca a Simbiose Industrial que proporciona o retorno dos recursos e resíduos para o produtivo.

A simbiose, utilizada no termo, surge do relacionamento biológico simbiótico que existe na natureza, no qual dois ou mais seres vivos de espécies diferente e que não se relacionam têm uma associação que proporciona benefícios para ambas as partes na forma de trocas de energias, materiais ou informações, de modo que o somatório dos esforços coletivos supera os individuais (CHERTOW, 2000).

Assim, a Simbiose Industrial possui como elementos associativos as empresas e suas operações, sendo aproveitados os resíduos gerados nos processos por outras empresas, com a finalidade de usar de modo eficiente os recursos, possibilitando um ciclo fechado pelo qual os desperdícios são aproveitados permitindo o desenvolvimento econômico, sustentável e social. (CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008).

Para considerar elementos espaciais e organizacionais Chertow (2004) definiu uma taxonomia para os tipos de trocas de materiais:

- Através de trocas de desperdícios: focalizando o estágio final da vida do produto, no qual é criado uma lista de materiais que não são mais necessários à empresa, porém são utilizados por outras organizações. Sendo local, regional, nacional ou global;
- Dentro de uma organização, firma ou instalação: ocorre dentro da própria organização, sendo considerado o ciclo de vida dos produtos, processos, serviços e a cadeia de suprimentos;

- Entre firmas localizadas em um Eco Parque industrial definido: as empresas trocam materiais e energias, bem como serviços e informações. Os relacionamentos entre as organizações se iniciam dentro do perímetro do parque, porém podendo ser estendido para organizações externas;
- Entre firmas locais não alocadas em um perímetro definido: empresas próximas que apresentam parcerias para troca de materiais e energia, porém não estão colocadas em um parque industrial;
- Entre firmas organizadas virtualmente por região: as trocas de materiais e energia são mais focadas do que a localização. Como exemplo a agricultura e reciclagem de automóveis.

Uma rede simbiótica proporciona a otimização do fluxo dos recursos e minimiza a geração de resíduos, possibilitando uma performance econômica e ambiental maior do que se as empresas estivessem operando de forma isolada. Desse modo tem-se uma redução para obtenção de matéria prima, melhora na cooperação e a redução dos impactos ambientais causados para atividade produtiva (CHERTOW; MIYATA, 2011).

De acordo com Nascimento *et al.* (2006), na implantação da Simbiose Industrial nas atividades de um Eco Parque industrial é necessário que as ações de planejamento contemplem as análises econômicas (potencial de retorno de investimento), análise técnica (tecnologias disponíveis), análise ambientais (identificação dos parâmetros ambientais desejados) e medidas de regulamentação (fiscais e ambientais).

A Simbiose Industrial é classificada como um processo que possui facilidade em um ambiente que proporciona relacionamento, trocas, interações e cooperações. Dessa forma, é aplicada em um local específico, com curtas distâncias entre elas, permitindo a máxima eficiência (BOONS *et al.*, 2011).

Ambos os conceitos se complementam quando o processo Simbiose Industrial é considerado uma das atividades principais desenvolvidas em um Eco Parque Industrial (FELÍCIO, 2013). Sendo sugerido por Agarwal e Stracham (2006) que o Eco Parque Industrial seja um subconjunto de Simbiose Industrial.

Dessa maneira, é essencial na formação dos Eco Parque Industrial as vantagens da Simbiose Industrial, já que funciona como uma atração para a implantação do processo nesses ambientes (CHERTOW; LOMBARDI, 2005). Alguns benefícios são destacados por Lowe (2001), Chertow e Lombardi (2005), Tudor *et al.* (2007) e Geng *et al.* (2009):

- Redução da utilização de materiais virgens;

- Redução da poluição;
- Tratamento de água;
- A comunidade tem uma maior participação;
- Marketing Verde;
- Sustentabilidade;
- Eficiência energética aumentada;
- Aumento dos tipos e quantidade de saídas de processos com valor de mercado.

Um parque industrial em que as empresas cooperem entre si e com a comunidade local, na tentativa de reduzir o desperdício e poluição, usar recursos de forma eficiente e ajudar a alcançar o desenvolvimento sustentável, com a intenção de aumentar os ganhos econômicos e melhorar a qualidade ambiental (FESTEL; WÜRMSEHER, 2014).

Porém, assim como em Ecologia Industrial, há diferentes definições para Eco Parques, pois cada teórico da área tem um ponto de vista acerca do assunto. Bastida-Ruiz *et al.* (2013), propõe que organizações com capacidade de utilizar grande parte dos principais resíduos fluxos das indústrias, criam vínculo com uma grande companhia de exportação de produtos processados, tornando as corporações como âncoras. Portanto, o conceito conjunto de fábricas “satélites” deve estar coeso, para que os seus resíduos se tornem produtos aproveitáveis. Sendo assim, a contribuição de ambos setores é de suma importância, pois é necessária uma imensa cooperação e compartilhamento de informações.

Em atenção à sustentabilidade gerada com os Eco Parques, Festel e Würmseher (2014) declaram que a mesma se relaciona a um conjunto de empresas que contribuem entre si e agem com a sociedade local de forma eficiente, partilhando recursos, e como resultado os rendimentos financeiros e de importância ambiental, com equidade e valorização dos recursos humanos para a empresa e para uma determinada região.

Em conclusão, Eco Parques necessitam ser compostos por uma gestão ambiental junto à tecnologia para a mesma, produtos verdes, reciclagem dos recursos utilizados e a singularidade (BAO; TOIVONEN, 2014).

Para todos os efeitos, tem que ser dada a atenção às causas fundamentais dos problemas ambientais, como o fato do ecossistema e das indústrias operarem em diferentes princípios. Ao aplicar princípios como o reaproveitamento, diversidade, localidade e mudança gradual. Nos sistemas industriais há uma oportunidade de aprendizado na compreensão de algumas inconsistências entre a relação do ambiente e da indústria (KORHONEN, 2001).

O conceito de reaproveitamento está relacionado com a reciclagem dos elementos, produzindo assim, para que o sistema industrial possa operar com a energia livre de acúmulo, fazendo que a escassez de possíveis recursos não possa existir, pois tudo que é consumido retornará para o sistema (KORHONEN, 2001).

A diversidade é um dos princípios que se destaca para as espécies, os organismos, e principalmente os recursos industriais. Através de aplicá-la para as áreas de produção e distribuição. Portanto uma produção industrial em alta escala pode apresentar redução na abundância dos produtos manufaturados, uma vez que se maximiza o rápido aumento da semelhança da produção (KORHONEN, 2001).

Quanto ao potencial de adaptação dos elementos às condições ambientais e a cooperação com os seus parceiros em diversas relações interdependentes, refere-se ao princípio de Localização. Uma característica em destaque dos Eco Parques industriais está na consciência organizacional acerca de respeitar os fatores limitantes naturais da região. Sendo assim, esse princípio pode ser alcançado quando os sistemas industriais substituem os recursos importados por elementos renováveis locais ou nacionais, adaptando aos fatores naturais (FESTEL; WURMSEHER, 2014).

Dentre os princípios descritos, pode-se entender que existe uma dependência sistemática para o sucesso do modelo, é nesse contexto que o princípio da mudança gradual traz em seu bojo a importância da evolução cultural para se assim desenvolver o ramo industrial, por meio do armazenamento das informações fundamentais na questão ambiental ou do aumento da dependência dos recursos e eliminação de estoques (KORHONEN, 2001).

O sistema industrial deve acreditar mais em uso sustentável dos recursos naturais, e bem como na utilização de material de despejo e fluxos de resíduos. O princípio da mudança gradual é um facilitador potencial na diversidade do sistema com o suporte do planejamento e da cooperação na interdependência quando da utilização de resíduos entre os elementos envolvidos (KORHONEN, 2001).

Para poder analisar o desenvolvimento econômico, material, de reciclagem, entre outros fatores que advêm do sistema Eco Parque (entre outros), faz-se indicadores ambientais. Eles são aplicados de maneira individual, ou na avaliação do parque como um sistema. O processo é longo e gradual, exigindo o envolvimento individual de cada empresa com objetivos coletivos e utilizando os indicadores para medir a evolução (SENDRA; GABARRELL; VICENT, 2007).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

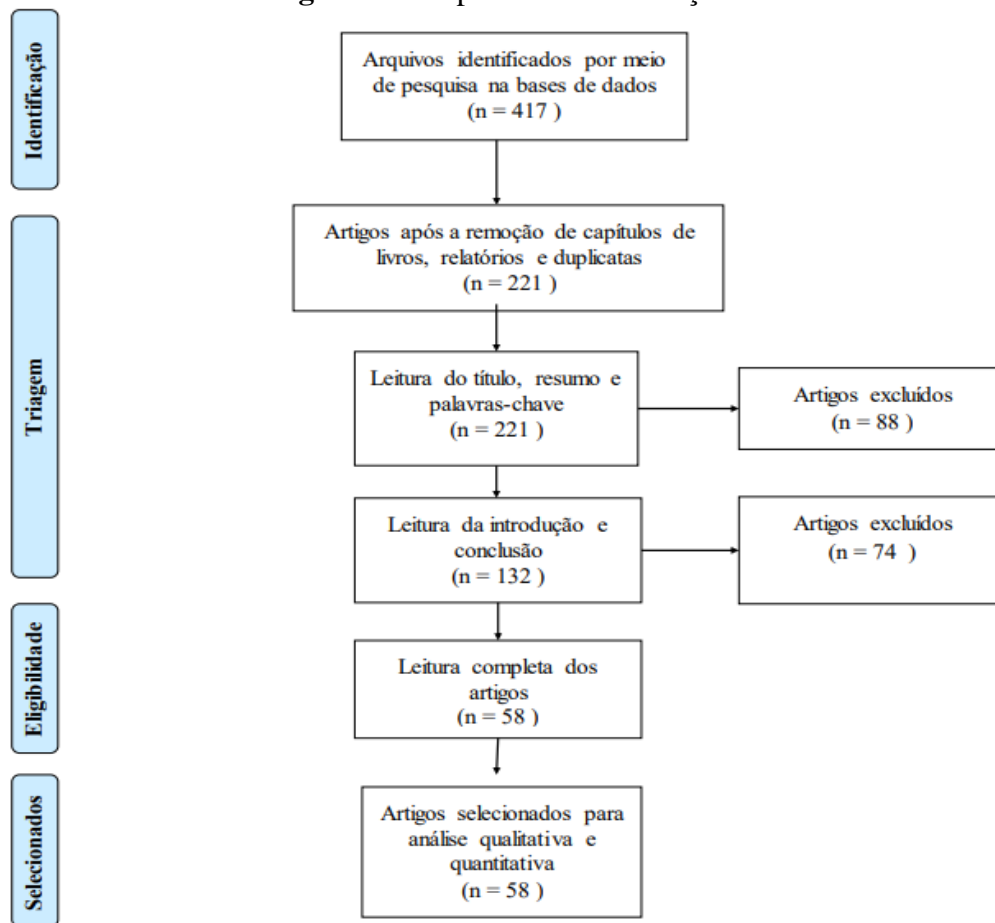
Este estudo partiu da concepção inicial de uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar possíveis lacunas de pesquisa. Uma revisão bibliográfica sistemática permite extrair objetos de estudo para pesquisa futura através de uma vasta análise e sintetização da literatura acerca de determinado tema previamente abrangente (LUIZ *et al.*, 2016; AMUI *et al.*, 2017; JABBOUR, 2013; TRANFIELD *et al.*, 2003).

De acordo com Amui *et al.* (2017) a revisão sistemática possui característica diferente de revisões usualmente utilizadas, visto que ela permite a replicação do processo de revisão por meio de um conjunto de passos que a metodologia exige. Trata-se da completa documentação do processo de extração dos dados, sendo evitados assim erros do pesquisador durante a pesquisa.

Para este estudo, os procedimentos metodológicos apresentados por Junior e Godinho Filho (2010) foram adaptados à realidade do objeto em estudo. A saber, quatro passos foram definidos:

- **Passo 1:** desenvolvimento de pesquisa nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus* com as palavras-chave “*Eco-Industrial Park, Industrial Symbiosis e Circular Economy*”. Para obtenção de resultados não individuais, foi utilizado a combinação das palavras “*Eco-industrial park and (circular economy or industrial symbiosis)*” e “*Eco-industrial park and circular economy and industrial symbiosis*”. Foram considerados todos os tipos de arquivos (capítulos de livros, relatórios, artigos científicos de periódicos e *proceedings*), em todos os idiomas e período de publicações compreendido de 2015 a 2019. A Figura 3 apresenta as etapas que compuseram o processo de sistematização.

Figura 3 - Etapas da sistematização



Fonte: Autor (2021)

A etapa de identificação consistiu na busca dos trabalhos nas bases de dados com as palavras-chave, enquanto que a segunda etapa, chamada de triagem, consiste na realização de filtros nos artigos inicialmente encontrados. Logo, inicialmente foram excluídos os artigos duplicados, capítulos de livros e relatórios científicos, totalizando 221 artigos aptos para o próximo filtro. O segundo filtro da triagem refere-se a exclusão de artigos que por meio do título, palavras-chave e resumo não condizem com a exposição de indicadores de desempenho ou modelos de implantação em EIPs. Por fim, com o mesmo objetivo do filtro anterior, foram excluídos os artigos não pertinentes a pesquisa por meio da leitura da introdução e conclusão.

A chamada etapa de elegibilidade consistiu na leitura completa dos artigos resultantes da triagem, para a verificação da pertinência ao estudo proposto. Nesta etapa, todos os 58 artigos foram considerados aptos e selecionados para análise quantitativa e qualitativa.

- **Passo 2:** Classificação dos artigos de acordo com: periódico/*proceeding*, ano de publicação, país, principais resultados e lacunas de pesquisa e categorias de análise;

- **Passo 3:** Classificação dos artigos de acordo com as categorias, seguindo o modelo de codificação adotado por Jabbour (2013) e Ferreira (2019) adaptado a esta pesquisa;
- **Passo 4:** Síntese da literatura e apresentação quantitativa dos resultados obtidos.

A classificação por meio de categorias foi estabelecida de acordo com as informações que foram determinadas importantes para fins de análise da literatura. O Quadro 1 apresenta as categorias e os respectivos códigos de representação.

Quadro 1 – Classificação e categorias

Código	Classificação	Categorias	
1	Método	Categoria A (Quantitativo) Categoria B (Qualitativo) Categoria C (<i>Survey</i>) Categoria D (Estudo de Caso) Categoria E (Qualitativo/Quantitativo) Categoria F (Conceitual)	
2	Características do EIP	Distância Geográfica	Categoria A (Apresenta distância) Categoria B (Não apresenta distância)
3		Recurso Trocado	Categoria A (Água) Categoria B (Energia) Categoria C (Resíduo) Categoria D (Não aplicável)
4	Benefícios	Categoria A (Benefícios ambientais. Ex: diminuição do uso de água, energia, geração de resíduo etc) Categoria B (Benefícios econômicos. Ex: redução de custos, incremento da lucratividade etc) Categoria C (Benefícios sociais. Ex: geração de emprego) Categoria D (Não classificado)	
5	Modelo de Implantação/Implementação	Categoria A (Apresenta um modelo de implantação) Categoria B (Não apresenta um modelo de implantação)	
6	Indicadores de Avaliação/Desempenho	Categoria A (Indicadores ambientais) Categoria B (Indicadores econômicos/financeiros) Categoria C (Indicadores sociais) Categoria D (Não aplicável)	
7	Tipo de Parque Industrial	Categoria A (Parque eco-industrial) Categoria B (Parque Industrial em Economia Circular) Categoria C (Parque Industrial de Baixo Carbono)	

Fonte: Autor (2021)

A adoção destas categorias parte da necessidade de investigação da literatura acerca do tema, sendo a descrição de cada uma das classificações:

Código 1 – Método: refere-se ao método de pesquisa utilizada na condução do estudo. Parte da necessidade de compreender qual método de pesquisa tem sido mais utilizado pelos pesquisadores da área;

Código 2 – Distância geográfica: refere-se na apresentação ou não da distância geográfica das empresas que compõem o parque eco-industrial. Deseja-se descobrir se a literatura tem apresentado dados referentes à distância entre as empresas de EIPs;

Código 3 – Recurso trocado: refere-se à classificação de qual recurso é trocado entre as organizações. Visa investigar quais recursos tem sido mais amplamente trocados nos EIPs estudados;

Código 4 – Benefícios: refere-se a quais tipos de benefícios são apresentados. Objetiva o levantamento dos tipos de benefícios que têm sido obtidos nos estudos sobre o tema;

Código 5 – Modelo de implantação/implementação: refere-se à apresentação ou não de um modelo de implantação de eco-parque. Visa a verificação da existência de modelos de planejamento, projeto ou implementação apresentados na literatura atual;

Código 6 – Indicadores de avaliação/desempenho: refere-se a quais tipos de indicadores de avaliação são apresentados. Parte da perspectiva de se entender quais tem sido os principais indicadores de avaliação de desempenho empregados em EIPs e qual o tipo dos mesmos;

Código 7 – Tipo de parque industrial: refere-se à classificação de qual o tipo de eco-parque em que o estudo aborda. Considera-se aqui a existência de outras denominações ou tipos de parques eco-industriais com diferentes características.

4. RESULTADOS DA SISTEMATIZAÇÃO

Esta seção apresenta uma análise da literatura a partir da categorização realizada. Deve ser observado que para alguns códigos há mais de uma categoria, isto é, o estudo apresentado pelo autor apresenta característica que se enquadra em outras categorias também. O Quadro 2 apresenta a categorização de todos os 58 artigos considerados aptos para investigação neste trabalho.

Quadro 2 – Classificação e categorias

Autores	Código	Método	Distância geográfica	Recurso trocado	Benefícios	Modelo de implantação/implantação	Indicadores de avaliação/desempenho	Tipo de parque industrial
Hein et al.		F	B	D	A, B, C	A	D	A
Martina Scafà, Marco Marconi e Michele German		F	B	D	A	B	D	A
Hein et al.		D	B	C	A, B	B	A, B	A
Changhao Liu e Raymond Côté		F	B	D	D	A	D	A
Zhou et al.		A	B	D	A	B	A	A
Kuznetsova et al.		A	B	B	A, B	A	A, B	A
Genca et al.		D	B	C	A	B	D	A
Ebru Susur, Antonio Hidalgo e Davide Chiaroni		F	B	D	D	B	D	A
Belaud et al.		D	B	B, C	A	A	A	A
Zhe et al.		D	B	B, C	A	B	D	A
Fan et al.		D	B	A, B, C	A	B	A	B
Zhang et al.		D	B	B	A	B	A	A
Valenzuela-Venegas et al.		D	B	D	D	B	D	A
Park Jun Mo, Park Joo Young e Park Hung-Suck		B	B	A, B, C	A, B, C	B	A, B	A
Zhao et al.		D	B	B	A	B	A	A
Ribeiro et al.		D	B	D	A, B, C	A	D	A
Zhou et al.		D	B	A, B, C	A	A	D	A
Yamsrual et al.		C	B	A, C	A, B, C	B	A, B, C	B
Veleva et al.		C	B	D	A, B	B	A, B, C	A
Boix et al.		D	B	D	A	B	A	A
Darryl et al.		D	B	C	A, B	B	A	A

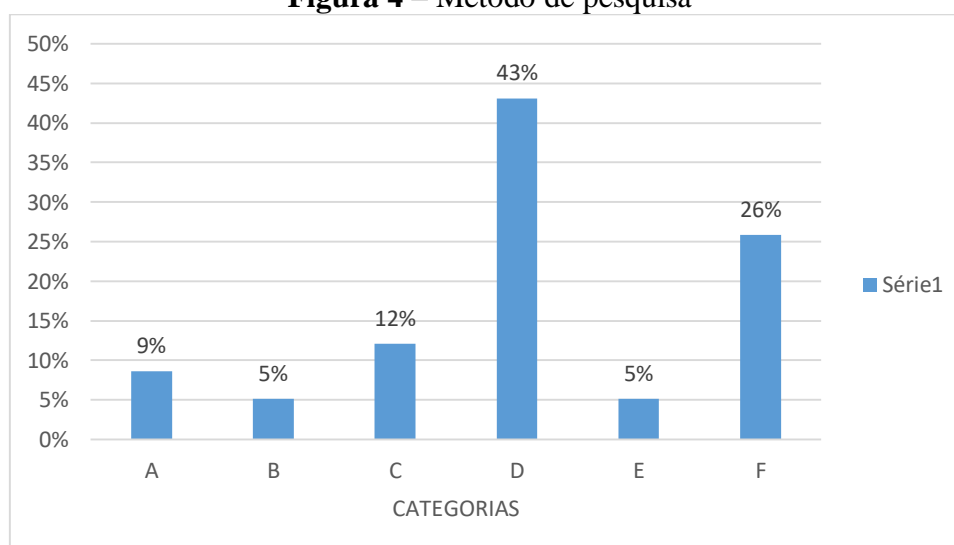
Raquel Balanay e Anthony Halog	F	B	C	A	A	D	A
Liu et al.	D	B	A, C	A, B	B	A	A
Gabriel Couto Mantese e Daniel Capaldo Amaral	E	B	C	A	B	A	A
Haoran Zhao, Sem Guo e Huiru Zhao	E	B	A, C	A, B, C	A	A, B, C	A
Domenico Ceglia, Monica Cavalcanti Sá de Abreu e José Carlos Lázaro da Silva Filho	C	B	D	C	B	C	A
Sudhakar Yedla e Hung-Suck Park	F	B	D	A, B, C	B	A, B, C	A
Stucki et al.	B	B	A, C	D	B	D	A
Fan et al.	D	B	A, B, C	A	B	A	A
Liu et al.	B	B	A, C	A	B	A	A
Zhao et al.	E	B	A, B, C	A, B, C	B	A, B, C	B
Le Tellier et al.	D	B	A, B, C	A	A	D	A
Ignatio Madanhire, Taurai Mupaso e Charles Mbohwa	D	B	C	A, B	A	D	A
Felício et al.	F	B	C	A	B	A	A
Suzanna ElMassah	D	B	C	A, B	A	D	A
Zeng et al.	C	B	D	A	B	A	A
Van Beers et al.	D	B	C	A, B, C	A	A, B, C	A
Raffaella Taddeo	F	B	C	A	B	D	A
John Mathews, Hao Tan e Mei-Chih Hu	D	B	D	D	B	D	A
Boix et al.	A	B	A, B, C	A	B	A	A
Catharine A. Kastner, Raymond Lau e Markus Kraft	F	B	A	A, B	B	D	A
Zongguo Wen e Xiaoyan Meng	C	B	B, C	A	B	A	A
Valenzuela-Venegas et al.	D	B	D	D	B	A	A
Huang et al.	F	B	D	A, B, C	B	A, B, C	A
Jooyoung Park, Jun-Mo Park e Hung-Suck Park	F	A	D	A, B	B	D	A

Alejandro et al.	D	B	C	A	B	A, B, C	A
Xiaoqian et al.	D	B	D	D	B	A, B	A
Guillaume Massard, Heinz Leuenberger e Tran Duy Dong	D	B	A, B, C	A, B, C	A	D	A
Fan et al.	A	B	D	A, B	B	A	A
Castiglione e Alfieri	A	B	D	A, B	B	B	A
Valenzuela-Venegas et al.	F	B	D	A, B, C	B	A, B, C	A
Ying Qu et al.	C	B	D	A, B, C	B	A, B, C	A
Shi et al.	D	B	D	A	B	A	A
Wang et al.	F	B	C	A, B	B	A, B	A
Kim et al.	F	B	A, B, C	A, B, C	B	A, B, C	A
Le Tellier et al.	F	B	D	A, B, C	A	D	A
Ignatio Madanhire, Peter Muganyi e Charles Mbohwa	C	B	A, C	A, B, C	B	A	A
Chang Yu, Gerard P.J. Dijkema e Martin de Jong	D	B	A, B, C	A, B	B	D	A

Fonte: Autor (2021)

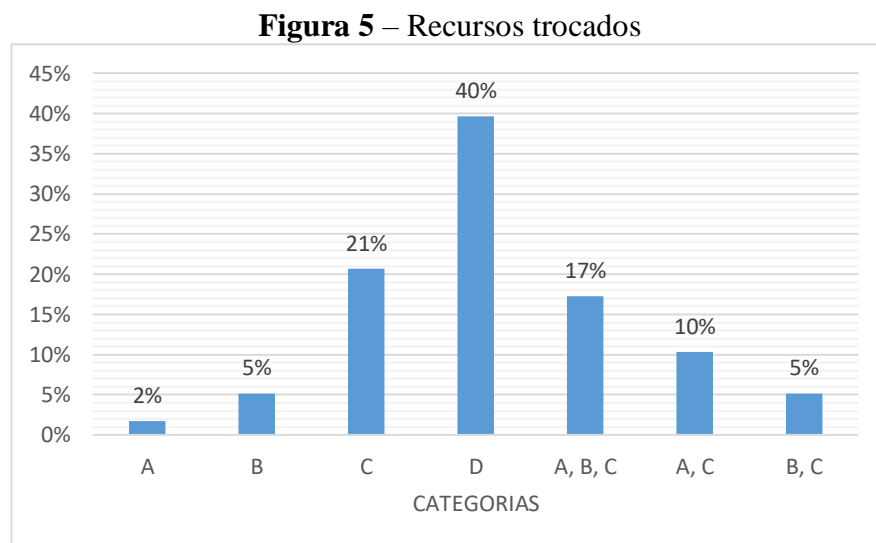
A seguir, são apresentados os resultados no que se refere ao quantitativo da classificação e categorização. A Figura 4 apresenta o resultado quanto ao método de pesquisa.

Figura 4 – Método de pesquisa



Fonte: Autor (2021)

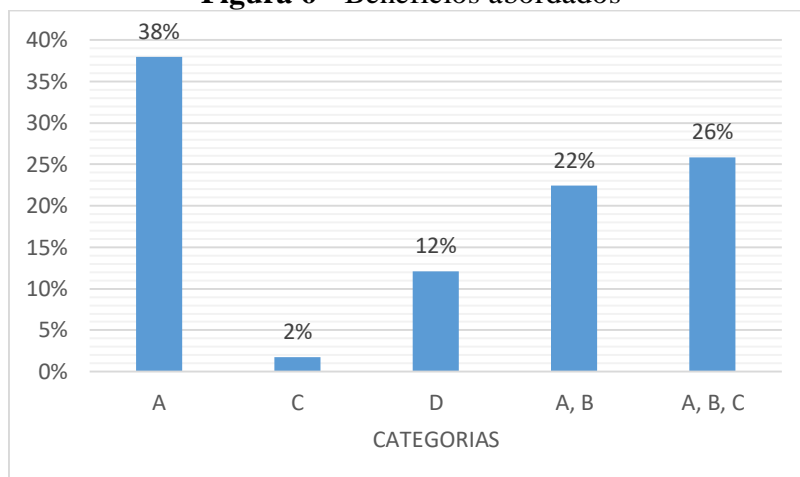
De acordo com o gráfico o método de pesquisa amplamente utilizado tem sido o estudo de caso com 43% dos artigos, seguido por trabalhos conceituais com 26%. Destaca-se a abordagem através de estudos de caso como sendo a principal forma dos autores retratarem estudos referentes ao tema. Estudos conceituais fornecem uma base para posterior desenvolvimento de estudo de caso e outros métodos menos utilizados como a *survey*. Seguindo a mesma premissa de análise, a Figura 5 mostra os resultados referentes aos recursos trocados.



Fonte: Autor (2021)

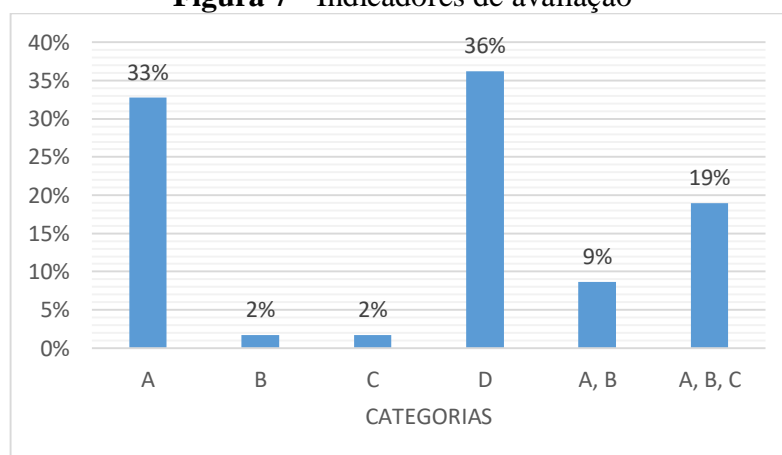
Diante do exposto, nota-se que majoritariamente os estudos não apresentam qual é o principal recurso que está sendo na simbiose, isto é, 40% dos artigos não apresentam tal informação. Em contrapartida, 21% dos estudos analisados abordam o resíduo (categoria C) como sendo o principal recurso simbiótico, seguido por 17% de estudos que relatam o uso de água, energia e resíduo (categoria A, B, C) conjuntamente. Ainda em relação as características dos EIPs, apenas um artigo explicita a distância entre as empresas que realizam as trocas simbióticas, ou seja, existe ausência de uma informação fundamental para qualquer *stakeholder* que tenha interesse em entender o funcionamento de um EIP.

Já no que tange aos principais benefícios abordados (código 4) a Figura 6 ilustra os resultados.

Figura 6 - Benefícios abordados

Fonte: Autor (2021)

De acordo com o gráfico, apenas 2% dos trabalhos abordam sobre benefícios sociais (categoria C), evidenciando assim carência de levantamento de informações a respeito. Por outro lado, a maioria dos artigos demonstram os impactos positivos ambientais (categoria A), representando 38%. Uma parcela menor de estudos com 26% mostra benefícios ambientais, econômicos e sociais conjuntamente (categoria A, B, C) e por último, impactos positivos ambientais e econômicos juntos (categoria A, B) com 22%. No que tange aos indicadores de avaliação, a Figura 7 demonstra os principais resultados obtidos.

Figura 7 - Indicadores de avaliação

Fonte: Autor (2021)

De maneira análoga a análise dos benefícios abordados, apenas 2% dos artigos mostram individualmente indicadores de avaliação sociais (categoria C) de EIPs, refletindo uma ausência de preocupação com a mensuração dos impactos que podem ser gerados para a sociedade. Entretanto, cabe destacar que 19% dos estudos apresentam indicadores ambientais, econômicos e sociais conjuntamente (categoria A, B, C), ainda que a ênfase seja dada quanto a aspectos

ambientais e econômicos. Outra fundamental observação refere-se que 36% dos estudos não abordam qualquer tipo de indicador de avaliação para EIPs (categoria D).

Sobre a apresentação de modelos de implantação de parques industriais (código 5), 24% dos estudos apresentam algum mecanismo de implantação, implementação, projeto ou modelagem de otimização de processos para EIPs, sendo que nenhum destes estudos foi realizado no Brasil. Ainda, quanto ao tipo de parque industrial mais estudados, os EIPs representam 95% dos estudos, enquanto que os parques industriais em economia circular (categoria B) foram estudados em apenas 5% dos trabalhos e, por fim, não foi encontrado nenhum estudo a respeito de parques industriais de baixo carbono.

Em termos do quantitativo de países que mais possuem estudos destaca-se a predominância do país chinês com 21 estudos sendo considerado um dos principais modelos de referência quanto a estudos de EC, SI e EIPs. A França aparece em seguida com 5 estudos, Coréia do Sul com 4, enquanto que com 3 estudos estão Brasil, Dinamarca e Vietnã. Países como Chile e Espanha apresentam dois estudos e, por último, com apenas um estudo estão África do Sul, Egito, Estados Unidos, Filipinas, Noruega, Tailândia, Turquia e Zimbábue.

A partir do exposto com a classificação e categorização, uma síntese contendo os principais resultados dos 58 artigos é apresentada como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 – Síntese dos principais resultados

Título	Autores	Principais Resultados
<i>A conceptual framework for Eco-Industrial Parks</i>	Hein <i>et al.</i>	O artigo apresenta um resumido framework integrador com aspectos ambientais, econômicos e sociais é para o projeto de um eco parque industrial
<i>A critical review of industrial symbiosis models</i>	Martina Scafà, Marco Marconi e Michele German	O artigo analisa por meio de uma revisão da literatura os três modelos de simbiose industrial e fornece um quadro contendo as forças e as fraquezas de cada modelo conforme a literatura. Os resultados mostram que distritos de simbiose industrial que se desenvolvem a partir de uma abordagem de baixo para cima são com base no compartilhamento de recursos e na troca de materiais, (ii) parques eco-industriais que desenvolveram a partir de uma abordagem de cima para baixo são determinados por infraestruturas e sistemas e (iii) redes para simbiose industrial que evoluem através de ferramentas cognitivas / relacionais e são baseadas na oferta e demanda de recursos interseção

<p><i>A data-and Knowledge-Driven methodology for generating Eco-Industrial park architectures</i></p>	<p>Hein <i>et al.</i></p>	<p>O artigo propõe uma metodologia para identificação de oportunidades de simbiose industrial. Com a aplicação em um estudo de caso, a metodologia pode ser aplicada na triagem de zonas industriais com determinados padrões industriais. Porém, os resultados dependem dos tipos de meta-modelos de plantas industriais existentes no banco de dados</p>
<p><i>A framework for integrating ecosystem services into China's circular economy: The case of Eco-Industrial Parks</i></p>	<p>Changhao Liu e Raymond Côté</p>	<p>O artigo propõe um <i>framework</i> para implementação da economia circular em parque eco-industrial. Os autores salientam a necessidade de se considerar a restauração e regeneração no processo dos ecossistemas. É destacado ainda a forte necessidade de apoio e comprometimento do governo para sucesso do eco-parque</p>
<p><i>A method for tenant selection of China's construction industrial parks through industrial symbiosis</i></p>	<p>Zhou <i>et al.</i></p>	<p>Este estudo fornece um método quantitativo para seleção de membros, que envolve o estabelecimento de modelo de avaliação. O sistema de indicadores de acesso é proposto sob a perspectiva do nível do parque, que inclui três indicadores primários e quinze indicadores secundários</p>
<p><i>A methodological framework for Eco-Industrial Park design and optimization</i></p>	<p>Kuznetsova <i>et al.</i></p>	<p>O artigo propõe um <i>framework</i> de modelagem e otimização, considerando aspectos complexos. Além disso, traz um conjunto de indicadores de desempenho ambientais e econômicos que podem auxiliar no controle dos resultados</p>
<p><i>A socio-ecological approach to improve industrial zones towards eco-industrial parks</i></p>	<p>Genc <i>et al.</i></p>	<p>Os resultados do estudo de caso sugerem que essa abordagem reforça a capacidade de um novo parque com essa configuração seja capaz de reter os impactos ambientais, econômicos e sociais e obter benefícios ao longo do tempo</p>
<p><i>A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies</i></p>	<p>Ebru Susur, Antonio Hidalgo e Davide Chiaroni</p>	<p>Com base no referencial teórico desenvolvido para a compreensão e reinterpretação dos casos EIP identificados, a síntese da literatura considera quatro construções conceituais: articulação de expectativas e visões, construção social de redes, aprendizado de atividades; experimentos locais e EIP, formação e transição de EIPs pelo mundo</p>
<p><i>A circular economy and industrial ecology toolbox for developing an eco-industrial park: perspectives from French policy</i></p>	<p>Belaud <i>et al.</i></p>	<p>Em escala local, a implementação do EIP depende da política urbana e da liderança do projeto (agência urbana, autoridades locais e moradores). Essa estrutura é condicionada pelo contexto econômico da cidade de Toulouse e sua influência na estratégia de pesquisa de mercado. Atualmente, a caixa de ferramentas foi aplicada com êxito para o implementação das primeiras empresas industriais</p>

<p><i>A hybrid model of LCA and emergy for co-benefits assessment associated with waste and by-product reutilization</i></p>	<p>Zhe <i>et al.</i></p>	<p>Este estudo demonstra um exemplo para estabelecer o modelo híbrido integrando ACV na estrutura emergética. A ACV é usada apenas para a avaliação de impacto ambiental que faz parte da avaliação de co-benefícios. Portanto, a metodologia estabelecida neste estudo pode ser usada como uma ferramenta de avaliação para responder às questões ambientais</p>
<p><i>A modified ecological footprint method to evaluate environmental impacts of industrial parks</i></p>	<p>Fan <i>et al.</i></p>	<p>Os resultados mostram que a pegada ecológica do HETDA era de $8,87E + 05$ gha, que era 18,4 vezes de sua capacidade ecológica, e o ecológico déficit alcançado $8,39E + 05$ gha. Após a implementação do desenvolvimento eco-industrial, pegada ecológica de recursos não renováveis, recursos renováveis, energia e poluentes, foi economizada em 9,45%, 0,19%, 4,19% e 64,61%, respectivamente. No geral, o desenvolvimento eco-industrial reduziu a pegada ecológica total do parque industrial em 15,9% (de $1,06E + 06$ gha a $8,87E + 05$ gha), o que significou uma grande diminuição do impacto no meio ambiente.</p>
<p><i>A novel methodology for the design of waste heat recovery network in eco industrial park using techno-economic analysis and multi objective optimization</i></p>	<p>Zhang <i>et al.</i></p>	<p>Dois modos de operação diferentes para o EIP são considerados: com calor residual contínuo e com calor residual descontínuo ao longo do tempo. O primeiro cenário mostra que o SOOP e o MOOP fornecerão redes WHR diferentes; o segundo cenário mostra que a descontinuidade do calor residual tem grande influência na otimização da rede WHR</p>
<p><i>A resilience indicator for Eco-Industrial Parks</i></p>	<p>Valenzuela-Venegas <i>et al.</i></p>	<p>O artigo mostra resultados consistentes quando comparados com a realidade. Embora a proposta indicadora de resiliência foi desenvolvida para redes de materiais, pode ser adaptado para trocas de energia. Nesse caso, atenção especial deve ser dada às restrições físicas como gradientes mínimos de temperatura</p>
<p><i>A review of the National Eco-Industrial Park Development Program in Korea: progress and achievements in the first phase, 2005-2010</i></p>	<p>Park Jun Mo, Park Joo Young e Park Hung-Suck</p>	<p>O artigo avalia o desenvolvimento do programa de parque eco-industrial na Coreia, em que em seus primeiros 5 anos de projeto, houve uma abordagem tanto de baixo para cima quanto de cima para baixo que efetivamente funcionou para o sucesso da primeira fase do programa. Com o alcance positivo de resultados ambientais, econômicos e sociais, o país basicamente estabeleceu um modelo de desenvolvimento que continuará sendo empregado na segunda e terceira fase do programa</p>

<i>An emergy ternary diagram approach to evaluate circular economy implementation of eco-industrial parks</i>	Zhao <i>et al.</i>	A partir de um diagrama o estudo avalia a economia circular de uma zona de desenvolvimento da China. A construção de parques industriais tem uma forte dependência de apoio de políticas nacionais e locais. Há necessidade de aplicação de punições, taxas, recompensas para que aconteça a economia circular pelas empresas
<i>An integrated approach towards transforming an industrial park into an eco-industrial park: the case of Salaise-Sablons</i>	Ribeiro <i>et al.</i>	A abordagem holística consiste na consolidação da simbiose industrial, promoção da acessibilidade sustentável e melhoramento de multifuncionalidades. O resultado é uma abordagem interdependente onde os ecossistemas industriais e territoriais são planejados em conjunto, buscando nível sustentável de desenvolvimento que considera a atividade industrial, o transporte de pessoas e bens e a articulação espacial com o ambiente vizinho e áreas urbanas
<i>An ontology framework towards decentralized information management for eco-industrial parks</i>	Zhou <i>et al.</i>	O artigo com base na ontologia proposta, consiste em uma estrutura para gerenciamento de informações distribuídas para parques eco-industriais. Como exemplo, essa ontologia é usada para criar uma base de conhecimento para Jurong Island, um parque industrial em Singapura. Seus usos potenciais no processo de suporte na modelagem e otimização e facilitação da simbiose industrial também são discutidas no artigo.
<i>Assessment of local perception on eco-industrial estate performances after 17 years of implementation in Thailand</i>	Yamsrual <i>et al.</i>	O desempenho geral foi indicado pelas pontuações que variam de 1 (baixa) a 5 (alta), enquanto os quatro locais tiveram a pontuação média de 3.4, sugerindo que os eco-estados industriais contribuíram para a melhoria das comunidades. Aspectos econômicos alcançaram as maiores pontuações (4.0), seguido pelos aspectos físicos, sociais, gerenciais e ambientais
<i>Benchmarking eco-industrial park development: the case of Devens</i>	Veleva <i>et al.</i>	Dos 43 indicadores adotados pelo parque eco-industrial de Devens em 2012, 29 demonstram progresso, sete mostram falta de progresso, seis apontam para um progresso potencial. A maioria dos progressos foram feitos nas áreas de transporte, sustentabilidade empresarial e econômica, governança e recursos naturais
<i>Benefits analysis of optimal design of eco-industrial parks through life cycle indicators</i>	Boix <i>et al.</i>	Os resultados mostram que as empresas incluídas no EIP tem impactos ambientais reduzidos de 45% para 80% em comparação com os impactos de empresas independentes

<i>Bi-level fuzzy optimization model of an algae-sugarcane-based Eco-Industrial Park</i>	Darryl <i>et al.</i>	Os resultados indicam que pode ser alcançada entre os níveis de tomadores de decisão com um grau de satisfação geral de 0,189. Isto sugere a viabilidade do modelo de EIP proposto, levando em consideração os objetivos de ambos os níveis de tomadores de decisão
<i>Charting policy directions for mining's sustainability with circular economy</i>	Raquel Balanay e Anthony Halog	A modelagem dinâmica de sistemas é uma abordagem reconhecida por sua capacidade de verificar se há resistência política. Assim, a estrutura é uma abordagem integrada baseada no tripé da sustentabilidade e tem como objetivo fornecer orientações políticas para iniciar a possibilidade desenvolvimento de CE para a sustentabilidade da mineração, especialmente no desenvolvimento para a mineração menos desenvolvida países confrontados com os desafios dos resíduos de mineração
<i>Co-benefits accounting for the implementation of eco-industrial development strategies in the scale of industrial park based on emergy analysis</i>	Liu <i>et al.</i>	Os resultados indicam que os co-benefícios vão muito além dos simples benefícios econômicos diretos. As implicações políticas de tais estratégias e a aplicação dos limites industriais desenvolvimento como simbiose urbana são discutidos no contexto da DETDZ, demonstrando como vários objetivos podem ser alcançados
<i>Comparison of industrial symbiosis indicators through agent-based modeling</i>	Gabriel Couto Mantese e Daniel Capaldo Amaral	A simulação mostrou uma robustez aprimorada dos resultados do ISI. O ISI foi capaz de representar corretamente tendências crescentes e decrescentes durante a simbiose e em condições nas quais os indicadores propostos por Tiejun (2010) falharam. Em outro ambas provaram ser suficientes
<i>Comprehensive benefit evaluation of eco-industrial parks by employing the best-worst method based on circular economy and sustainability</i>	Haoran Zhao, Sem Guo e Huiru Zhao	Com base nos resultados da avaliação, as recomendações para o desenvolvimento eficaz e sustentável no desenvolvimento de parques eco-industriais pode ser formulado considerando as características de cada parque eco-industrial, atribuindo importância ao grau de correlação entre a montante e a jusante das empresas e fortalecer a construção da cadeia industrial; e (2) aumentar a proporção valor da entrada de pesquisa e desenvolvimento no PIB
<i>Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: Social barriers to be overcome</i>	Domenico Ceglia, Monica Cavalcanti Sá de Abreu e José Carlos Lázaro da Silva Filho	O artigo por meio de uma pesquisa <i>survey</i> levanta os elementos críticos que impedem as empresas de promoverem oportunidades de trocas de resíduos em parques industriais e assim perdem de partilharem soluções tecnológicas e logísticas. As soluções passam por problemas sociais, financeiros, tecnológicos, regulatórios e institucionais e são propostas em um <i>framework</i>

<i>Eco-industrial networking for sustainable development: review of issues and development strategies</i>	Sudhakar Yedla e Hung-Suck Park	Com base na revisão da literatura, alguns dos problemas e as condições necessárias que são importantes para a implementação de redes eco-industriais: questões tecnológicas, regulatórias e sociais são apresentadas
<i>Eco-Industrial Park (EIP) Development in Viet Nam: Results and Key Insights from UNIDO's EIP Project (2014-2019)</i>	Stucki <i>et al.</i>	O artigo avalia mostra e discute as intervenções e resultados obtidos pelo ministério de planejamento e investimento. Os resultados foram positivos e as ações são satisfatórias
<i>Emergy analysis on industrial symbiosis of an industrial park - A case study of Hefei economic and technological development area</i>	Fan <i>et al.</i>	Os resultados da pesquisa mostram que as operações de simbiose industrial melhoram a capacidade de desenvolvimento sustentável da área de estudo em 33%. Especificamente, insumos não renováveis, entradas de recursos e serviços associados poderiam ser economizados em 99,71%, 25,64% e 9,82%, e a proporção de economia de dinheiro para o produto interno bruto total do parque industrial seria de 29,71%. Examinando práticas de simbiose industrial em detalhes no sistema, este artigo pode descrever o processo de simbiose industrial e como essas práticas influenciam o desempenho geral do parque industrial
<i>Environmental performance analysis of Eco-Industrial Parks in China: A Data Envelopment Analysis Approach</i>	Liu <i>et al.</i>	O estudo analisa dados sobre os parques industriais com enfoque na questão ambiental, os parques apresentam melhorias de eco eficiência em virtude do comportamento técnico ambiental. Os parques de alta tecnologia apresentam melhor média de eco eficiência
<i>Evaluating the comprehensive benefit of eco-industrial parks by employing multi-criteria decision making approach for circular economy</i>	Zhao <i>et al.</i>	A abordagem híbrida do MCDM neste artigo apresenta um grande potencial na avaliação e classificação do benefício abrangente dos parques ecoindustriais. No entanto, ainda precisa ser melhorado em alguns aspectos. Como o sistema de índices é determinado por especialistas em áreas relevantes com base no julgamento pessoal, esse processo deve ser validado estatisticamente
<i>From SCM to Eco-Industrial Park Management: Modelling Eco-Industrial Park's Symbiosis with the SCOR Model</i>	Le Tellier <i>et al.</i>	O modelo SCOR é uma ferramenta estratégica de SCM, ajudando na descrição e avaliação de desempenho dos processos ao longo do processo. O modelo foi adaptado para mapear as sinergias de trocas entre um EIP. Aplicando modelo do SCOR para o Kalundborg, é mostrado que ele oferece uma maneira padronizada e original de representar os processos dentro de um EIP

<p><i>Industrial area into Eco-Industrial Park (EIP) Case Study of Harare</i></p>	<p>Ignatio Madanhire, Taurai Mupaso e Charles Mbohwa</p>	<p>A abordagem usada incluiu o desenvolvimento de uma metodologia para identificar e quantificar os possíveis impactos ambientais e econômicos do EIP. Por meio da coleta de dados de indústrias existentes foi desenvolvido um protótipo usando as informações. O modelo final apresentado foi um modelo de parque industrial ecológico virtual. As usinas de Lafarge, Zimphos e Harare atuam como âncoras do parque. A estimativa geral do impacto ambiental do modelo final do parque foi uma redução de 15 a 25% dos resíduos depositados em aterros</p>
<p><i>Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems</i></p>	<p>Felício <i>et al.</i></p>	<p>Uso do ISI (<i>Industrial Symbiosis Impact</i>) e EIM (Momento do Impacto Ambiental) auxilia na gestão dos EIPs que são dinâmicos, permitindo a avaliação da evolução do nível de simbiose entre as empresas</p>
<p><i>Industrial symbiosis within eco-industrial parks: Sustainable development for Borg El-Arab in Egypt</i></p>	<p>Suzanna ElMassah</p>	<p>O estudo apresenta um modelo piloto de um EIP de campo e sugere que os benefícios do intercâmbio de subprodutos aumentariam ainda mais se algumas fábricas fossem criadas para fechar o ciclo de processos na zona (produção de tijolos, ração animal, pisciculturas e fertilizantes orgânicos). Essas conclusões confirmam que há potencial para melhorar a qualidade ambiental industrial da cidade de Borg El - Arab e alinhá-la com os padrões nacionais e globais de sustentabilidade de desenvolvimento</p>
<p><i>Institutional pressures, sustainable supply chain management, and circular economy capability: Empirical evidence from Chinese eco-industrial park firms</i></p>	<p>Zeng <i>et al.</i></p>	<p>O artigo apresenta um modelo conceitual sendo aplicado por meio de 363 questionários nos parques industriais, esse modelo mostrou que a pressão institucional tem um papel positivo no design do gerenciamento das cadeias de suprimento, também as práticas sustentáveis representam um importante fator para a melhoria da capacidade de economia circular das empresas</p>
<p><i>Lessons learned from the application of the UNIDO Eco-Industrial Park toolbox in Viet Nam and other countries</i></p>	<p>Van Beers <i>et al.</i></p>	<p>As ferramentas estão melhor posicionadas para serem usadas como um instrumento complementar, em conjunto com outras abordagens pragmáticas e detalhadas de implementação. A versão atual da caixa de ferramentas EIP da UNIDO representa a versão 1.0. Prevê-se que o conjunto de ferramentas seja atualizado e expandido para refletir percepções de sua aplicação em projetos de EIP</p>

<i>Local industrial systems towards the eco-industrial parks: the model of the ecologically equipped industrial areas</i>	Raffaella Taddeo	Os resultados destacam que os principais potenciais e limites do modelo de EEIAs estão relacionados, respectivamente, a: i) gerenciamento centralizado dos serviços, espaços e sistemas, as infraestruturas e serviços compartilhados na área e as simplificações administrativas para as empresas envolvidas; ii) os retornos dos investimentos de longo prazo, os limites regulatórios relacionados à troca de resíduos e uma excessiva inflexibilidade da abordagem <i>top-down</i> seguida
<i>Moving to a circular economy in China: Transforming Industrial Parks Into Eco-Industrial Parks</i>	John Mathews, Hao Tan e Mei-Chih Hu	O artigo traz um estudo de caso da transformação de parques industriais na China e mostra como as ações de gerenciamento tem feito efeito nos resultados obtidos
<i>Optimization methods applied to the design of eco-industrial parks: a literature review</i>	Boix <i>et al.</i>	O artigo faz uma revisão da literatura aprofundada e detalha os tipos de conexões existentes nos parques fazendo uma análise crítica do estado da arte propondo melhorias nas metodologias usadas
<i>Quantitative tools for cultivating symbiosis in industrial parks; a literature review</i>	Catharine A. Kastner, Raymond Lau e Markus Kraft	O artigo faz uma revisão da literatura de métodos quantitativos, onde conclui que aspectos técnicos e financeiros são melhorados por adoção de sistemas técnicos
<i>Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District</i>	Zongguo Wen e Xiaoyan Meng	Os resultados mostram que o RPCu de cadeia de empresas de produção de cobre eletrolítico (ECPE) para empresas de produção de folha de cobre eletrolítica é respectivamente 21,38 e 23,15 mil yuan por tonelada, do ECPE ao laminado revestido de cobre (CCL) empresas de produção é de 64,15 e 71,32 mil yuans por tonelada, respectivamente, e do ECPE ao PCB empresas de produção é respectivamente 176,47 e 211,21 mil yuan por tonelada nos dois cenários
<i>Resilience study applied in Eco-Industrial Parks</i>	Valenzuela-Venegas <i>et al.</i>	O artigo propõe um indicador de resiliência de parques com base em topologia e flexibilidade operacional, depois aplica em cinco casos se mostrando satisfatórios, porém enfatizando a necessidade de boa estimativa dos valores para abranger o complexo todo
<i>Review of the development of China's Eco-industrial Park standard system</i>	Huang <i>et al.</i>	O documento propõe uma série de recomendações baseadas na análise de deficiências, por exemplo, aprimoramento adicional dos indicadores de simbiose industrial, oferecendo indicadores de avaliação de benefícios sociais. A experiência da China de estabelecer padrões e indicadores de EIP pode fornecer lições para tentativas de outros países para desenvolver indicadores de avaliação

<p><i>Scaling-Up of industrial symbiosis in the Korean National Eco-Industrial Park Program: Examining its evolution over the 10 Years between 2005-2014</i></p>	<p>Jooyoung Park, Jun-Mo Park e Hung-Suck Park</p>	<p>A ampliação da SI realizada na segunda fase trouxe aumento dos benefícios econômicos e ambientais. Aumentou a distância média entre as empresas de 40 km para 48 km, porém aumentou também significativamente o número de participantes. Investimentos do setor privado e em pesquisas cresceram também, além de financiamento de pesquisas pelo governo</p>
<p><i>Smart eco-industrial parks: A circular economy implementation based on industrial metabolism</i></p>	<p>Alejandro <i>et al.</i></p>	<p>Benefícios significativos podem ser obtidos pela incorporação de um sistema inteligente de gerenciamento de informações que permite o gerenciamento e integração dos processos de informação com o objetivo de viabilizar a tomada de decisão na perspectiva da CE. Assim, é possível fornecer informações organizadas disponíveis e acessíveis, o que facilita a identificação das relações entre fluxos e melhora avaliação sob os critérios ecológicos, econômicos e sociais</p>
<p><i>Social network analysis on industrial symbiosis: A case of Gujiao eco-industrial park</i></p>	<p>Xiaoqian <i>et al.</i></p>	<p>Os resultados mostram que a simbiose industrial ainda está em fase inicial no parque industrial de Gujiao e deve ser otimizado ainda mais. Essas empresas âncoras têm menos influência na simbiose industrial e deve ser incentivado a envolver ativamente simbiose industrial. Finalmente, as recomendações de políticas são propostas considerando o realidades locais, incluindo o estabelecimento de uma plataforma de informação, o uso de instrumentos, esforços necessários de pesquisa e desenvolvimento e ampla participação do público.</p>
<p><i>Standards requirements and a roadmap for developing eco-industrial parks in Vietnam</i></p>	<p>Guillaume Massard, Heinz Leuenberger e Tran Duy Dong</p>	<p>Os principais resultados da AGE abordam os desafios sociais, técnicos (incluindo questões ambientais e econômicas) e de governança no Vietnã. Com base nessa análise, os mínimos requisitos e um esquema padrão para os EIP foram desenvolvidos pelos participantes e sintetizados pelos autores. Finalmente, sugestões para aplicação legal e política foram identificadas e discutidas</p>
<p><i>Study on eco-efficiency of industrial parks in China based on data envelopment analysis</i></p>	<p>Fan <i>et al.</i></p>	<p>Os resultados mostram que existem grandes diferenças no ecoeficiência de diferentes parques industriais. É mostrado que 20% dos parques são relativamente eficientes, 47% dos parques de estudo sendo ineficientes em termos de eficiência de escala, mostram retornos decrescentes de escala</p>
<p><i>Supply chain and eco-industrial park concurrent design</i></p>	<p>Castiglione e Alfieri</p>	<p>O modelo proposto é um exemplo de como fatores identificados podem ser integrados na fase de projeto, juntamente com a complexa escolha dos processos de transformação, a definição da</p>

		infraestrutura e a quantidade de investimento necessária para cada ator
<i>Sustainability indicators for the assessment of eco-industrial parks: classification and criteria for selection</i>	Valenzuela-Venegas <i>et al.</i>	Uma pesquisa na literatura por meio do banco de dados do <i>ISI Web of Science</i> é apresentada para explorar indicadores viáveis. A definição de 249 indicadores é fornecida
<i>Sustainable development of eco-industrial parks in China: effects of managers' environmental awareness on the relationships between practice and performance</i>	Ying Qu <i>et al.</i>	Este artigo desenvolve um modelo conceitual da relação entre práticas ambientais, a conscientização ambiental dos gerentes de EIP e desempenho de desenvolvimento sustentável. Os resultados estatísticos indicam implicações para a consecução efetiva dos EIP no desempenho do desenvolvimento sustentável
<i>The ecosystem service value as a new eco-efficiency indicator for industrial parks</i>	Shi <i>et al.</i>	Os autores descobrem que embora o valor total do serviço do ecossistema (ESV) de Gangkou em 2015 tenha aumentado 27% se comparada com a de 2007, a manutenção dos serviços de regulação e apoio ecológico do parque havia declinado e o valor econômico indireto desses serviços havia diminuído 14%. Por causa do desenvolvimento do parque nos últimos 10 anos, os diferentes ecossistemas passaram por diferentes graus de mudanças
<i>The evaluation of eco-efficiency of the industrial coupling symbiosis network of the eco-industrial park in oil and gas resource cities</i>	Wang <i>et al.</i>	Os resultados mostram que o nível geral de eco-eficiência e a estabilidade da Rede de Simbiose de Acoplamento Industrial (ICSN) podem ser refletidos pela aplicação da análise relacional econômica, ambiental e desmaterializada do ciclo e da estrutura da rede
<i>The role of the Eco-Industrial Park (EIP) at the National Economy: An input-output analysis on Korea</i>	Kim <i>et al.</i>	Os resultados destacaram que, ao gerar um emprego direto em torno de 1000, também foi criado um emprego indireto de mais de 5000 pessoas em toda a cadeia de suprimentos efeito de incentivo ao emprego de 6,4512 pessoas por 1 bilhão de investimentos
<i>Towards sustainable business parks: A literature review and a systemic model</i>	Le Tellier <i>et al.</i>	A partir da revisão da literatura, é introduzido um novo tipo de parque eco-industrial: o eco-parque de uso misto. O eco-parque é um arquétipo mais acessível, mais adequado ao caso de parques empresariais de empresas baseadas em serviços. Argumentando que o eco-parque de uso misto é sistêmico, é proposta uma estrutura conceitual seguindo a abordagem de modelagem sistêmica de Le Moigne. A modelagem sistêmica descreve o ecopark de uso misto através de seus objetivos, meio ambiente e

		estrutura. Ele fornece uma estrutura robusta e flexível para o desenvolvimento futuro de um sistema de medição de desempenho de sustentabilidade para o eco-parque de uso misto
<i>Turning industrial area into an Eco-Industrial Park in South Africa: Case study</i>	Ignatio Madanhire, Peter Muganyi e Charles Mbohwa	À luz de uma preocupação legítima com a economia monetária, estratégias que promovam a recuperação de resíduos industriais, deve ser iniciada instruindo as pessoas, e em geral as empresas privadas a iniciar interação. Assim, os autores destacam a necessidade de haver mais acentuação na melhoria dos componentes mais adequadamente, para que as organizações singulares possam supervisionar com êxito os fluxos de resíduos.
<i>What makes eco-transformation of industrial parks take off in China?</i>	Chang Yu, Gerard P.J. Dijkema e Martin de Jong	O estudo mostra os instrumentos políticos apropriados dentro de uma combinação de um modelo planejado e facilitador de promoção de eco parques industriais. A eco-transformação requer um comprometimento a longo prazo. Um modelo de fácil implementação é necessário a curto prazo para envolver as empresas, exigindo também instrumentos voluntários e atividades para internalizar a gestão ambiental nos negócios e na rotina das empresas.

Fonte: Autor (2021)

A síntese dos principais resultados, demonstra que a China tem sido o país que tem obtido melhores resultados com a sustentabilidade, especialmente quando se fala em economia circular e simbiose industrial. Tal feito, é ressaltado a partir do sucesso conquistado por diversos parques eco-industriais desenvolvidos no país. Isso reflete como sendo o principal motivador dos pesquisadores em estudar como os gestores tem alinhado o poder público e privado para o alcance de redução de emissões de poluentes e, ainda, ganhos financeiros decorrentes de uma gestão ambiental da produção adequada.

Conforme Chang Yu, Dijkema e Martin de Jong (2015) o comprometimento das empresas a longo prazo é fundamental para o sucesso de medidas sustentáveis, visto que o engajamento pode ser facilmente perdido em caso de falta de visão e aspectos futuros que mostrem a possibilidade de impactos positivos. Outro ponto considerável, são os instrumentos

políticos e regulatórios que de acordo com Yedla e Hung-Suck (2017) são indispensáveis para o processo de alcance dos objetivos estabelecidos ao se adotar práticas sustentáveis.

Liu e Côté (2017) ressaltam que apoio governamental é fundamental no estabelecimento de medidas que auxiliem as empresas no emprego das práticas de gerenciamento ambiental adequadas e adoção de conceitos que possam trazer benefícios para o meio ambiente, economia e sociedade. De acordo com Liu et al. (2018) os benefícios ultrapassam questões econômicas diretas, porém, implicações políticas precisam ser consideradas. Para Zhao et al. (2019) a construção de parques industriais possui grande dependência de suporte político nacional e local, além da necessidade de aplicação de taxas, punições e principalmente investimentos para de que fato aconteça a economia circular.

Assim, conforme Park Jun Mo, Park Joo Young e Park Hung-Suck (2016) o desenvolvimento de EIPs estão configurados diante de diversos elementos com uma abordagem tanto de baixo para cima, representada pelas iniciativas das empresas quanto de cima para baixo sendo essa por pressão política. Com a obtenção de impactos positivos, os autores salientam que a Coréia do Sul conseguiu estabelecer um modelo de implantação que seguirá para aplicações em outras fases do programa.

Por fim, destacam-se alguns trabalhos em que os autores analisam, propõem, testam ou descrevem estudos referentes a modelos de implantação e indicadores de avaliação. Hein *et al.*, (2015), Changhao Liu e Raymond Côté (2017), Zhou et al. (2017), Kuznetsova *et al.*, (2016), Ceglia, Abreu e Silva Filho (2017), Felício *et al.*, (2016), Madanhire, Mupaso e Mbohwa (2018).

4.1 Análise Bibliométrica

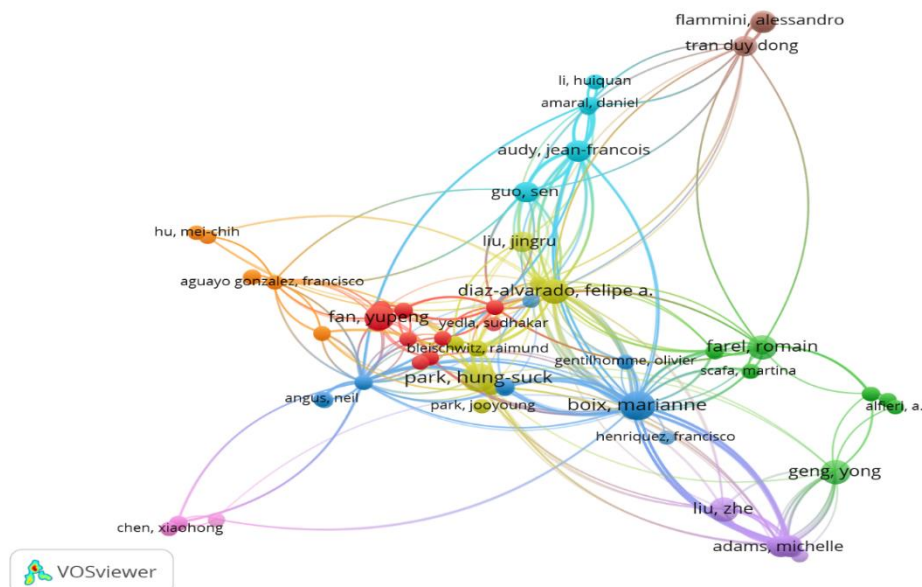
O quadro 4 demonstra a rede de citações geradas do software VOSviewer. O artigo de Marianne Boix, Ludovic Montastruc, Catherine Azzaro-Pantel, Serge Domenech (2015) é o que apresenta o maior número de citações, totalizando 158. O artigo elabora uma revisão da literatura, detalhando os tipos de conexões existentes nos parques, de modo a fazer uma análise crítica, propondo melhorias nas metodologias usadas. O segundo artigo mais citado é de Fan, Yupeng; Qiao, Qi; Fang, Lin; Yao, Yang (2017), com 122 citações que descreve o processo de simbiose industrial e como essas práticas de simbiose industrial podem influenciar no desempenho geral do parque industrial. O terceiro artigo mais citado é o Wen, Zongguo; Meng, Xiaoyan (2015), com 91 que apresenta os resultados da RPCu na cadeia de empresas de produção de cobre eletrolítico.

Quadro 4 – Autores com mais citações

Autores	Citação
Marianne Boix, Ludovic Montastruc, Catherine Azzaro-Pantel, Serge Domenech	158
Fan, Yupeng; Qiao, Qi; Fang, Lin; Yao, Yang.	122
Wen, Zongguo; Meng, Xiaoyan	91
Huixiang Zeng; Xiaohong Chen; Xu Xiao; Zhifang Zhou	86
Zhao, Haoran; Guo, Sem; Zhao, Huiru	78
Fan, Yupeng; Bai, Bingyang; Qiao, Qi; et al.	70
Valenzuela-Venegas, Guillermo; Cristian Salgado, J.; Diaz-Alvarado, Felipe A.	69
Park, Jun Mo; Park, Joo Young; Park, Hung-Suck	67
Huang, Beijia; Yong, Geng; Zhao, Juan; et al.	55
Fan, Yupeng; Qiao, Qi; Fang, Lin; Yao, Yang	52

Fonte: Autor (2021)

A Figura 8 ilustra a rede de citações de autores. O artigo que apresenta o maior número de links é de Marianne Boix, Ludovic Montastruc, Catherine Azzaro-Pantel, Serge Domenech (2015) com 70 links. Em segundo, o artigo de Valenzuela-Venegas, Guillermo; Cristian Salgado, J.; Diaz-Alvarado, Felipe A. (2018) apresenta 64 links. O terceiro artigo com maior quantidade de links é o de Park, Jun Mo; Park, Joo Young; Park, Hung-Suck (2016) com 48.

Figura 8 – Rede de citação dos autores

Fonte: Autor (2021)

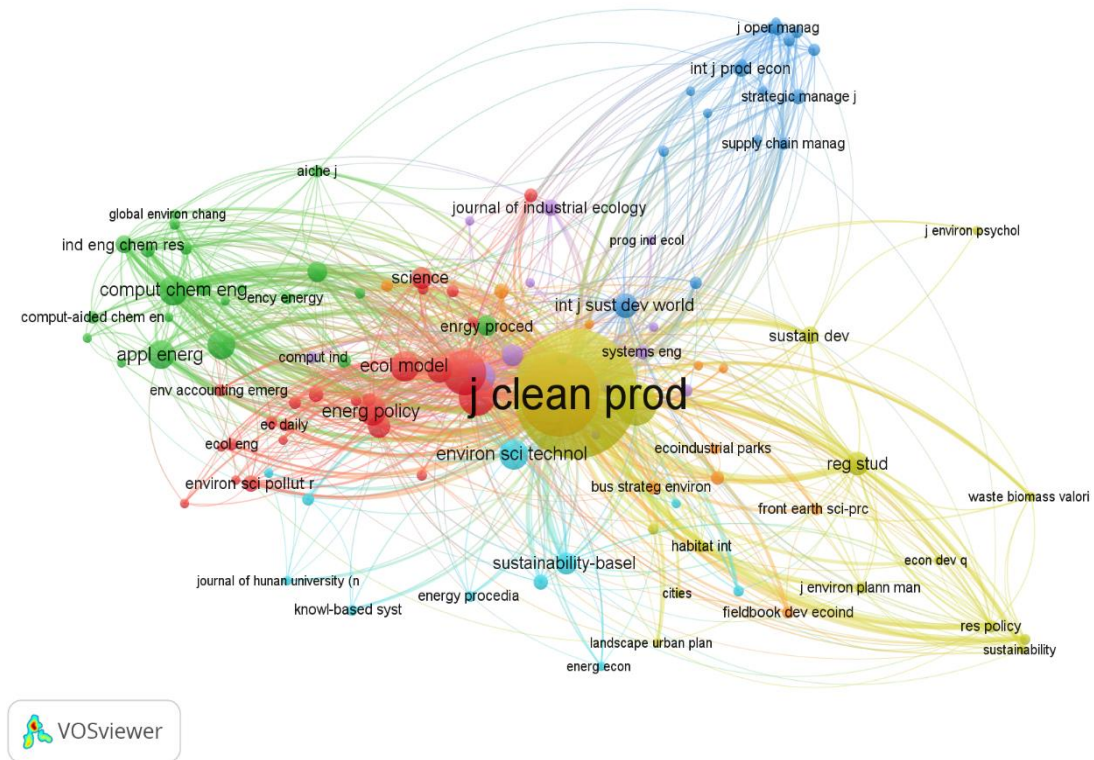
A partir do critério de co-citação das fontes, as publicações se aproximam por meio da frequência na qual aparecem citadas juntas, tendo indicação que os veículos de publicações possuem artigos relacionados semanticamente, de modo a tratar de co-ocorrência de ideias e temas similares (SMALL, 1973). O quadro 5 apresenta o quantitativo de co-citações em função da revista.

Quadro 5 – Co-citação das fontes

Fontes	Citação
Journal of Cleaner Production	538
Journal of Industrial Ecology	228
Resources Conservation and Recycling	70
Journal of Environmental Management	64
Ecological Economics	51
Computers & Chemical Engineering	31
Ecological Modelling	30
Environmental Science & Technology	30
Annual Review of Environment and Resources	29
Applied Energy	27

Fonte: Autor (2021)

O periódico *Journal of Cleaner Production* apresenta o maior número de citações, com 538. Em seguida, com 228 citações o *Journal of Industrial Ecology*. Em terceiro, *Resources Conservation and Recycling* apresenta 70 citações.

Figura 9 – Rede de co-citação das fontes

Fonte: Autor (2021)

O acoplamento bibliográfico busca aproximar unidades que compartilham referências em comum, medindo a relação entre dois artigos levando em consideração o número de referências em comum citadas Kessler (1963).

Quadro 6 - Acoplamentos bibliográfico das fontes

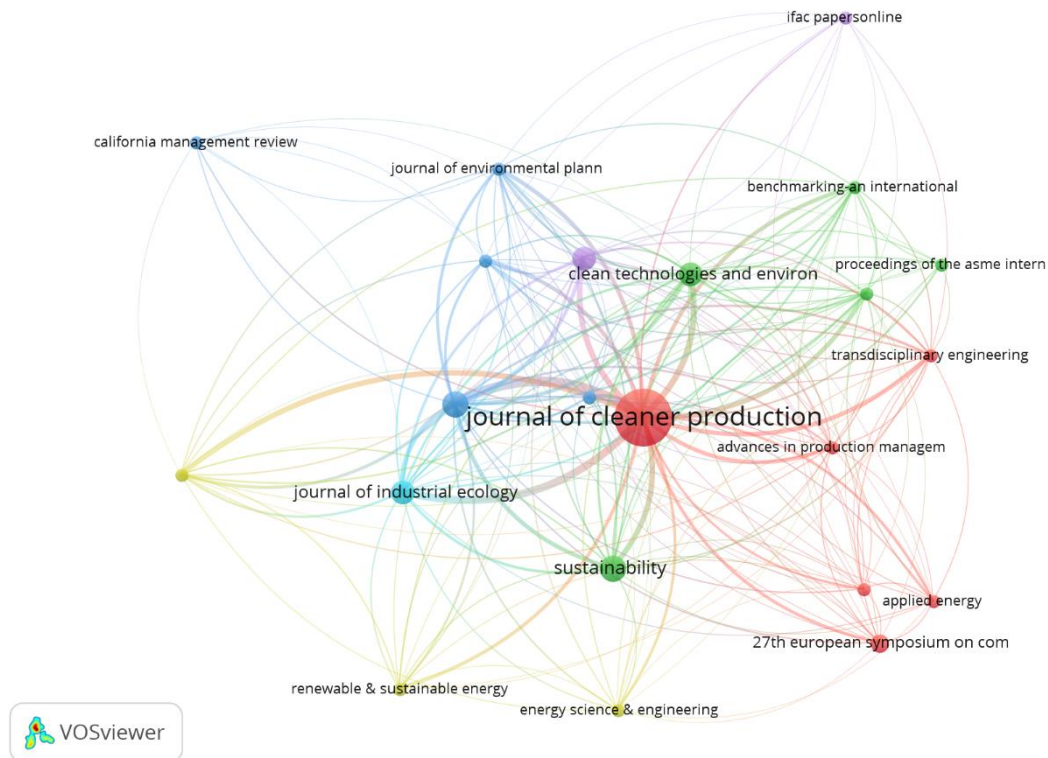
Fontes	Citação
Journal of cleaner production	685
Resources conservation and recycling	96
Journal of environmental management	92
Journal of industrial ecology	55
Applied energy	30
Environment development and sustainability	24
Renewable & sustainable energy reviews	16
Computers & chemical engineering	15
Clean technologies and environmental policy	14
Sustainability	12

Fonte: Autor (2021)

O cluster vermelho está associado a práticas de produção mais limpa, nele se concentra os periódicos como *Journal Of Cleaner Production*, *Advances In Production Management*

Systems, 27th European Symposium On Computer Aided Process Engineering. A Figura 10 ilustra a rede de acoplamentos bibliográficos para o estudo.

Figura 10 – Rede de acoplamentos das fontes



Fonte: Autor (2021)

O cluster amarelo estão concentrados periódicos com o pensamento de energias renováveis e sustentável: *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, *Energy Science & Engineering*.

O cluster azul apresenta periódicos que tratam das relações entre o meio ambiente e o sistema socioeconômico, como *Journal Of Industrial Ecology*, *Journal Of Environmental Planning And Management*.

O cluster verde está associado a tecnologias limpas e política ambiental, tais como *Clean Technologies And Environmental Policy*, *Benchmarking-An International Journal*, *Proceedings Of The Asme International Design Engineering Technical Conferences And Computers And Information In Engineering Conference*.

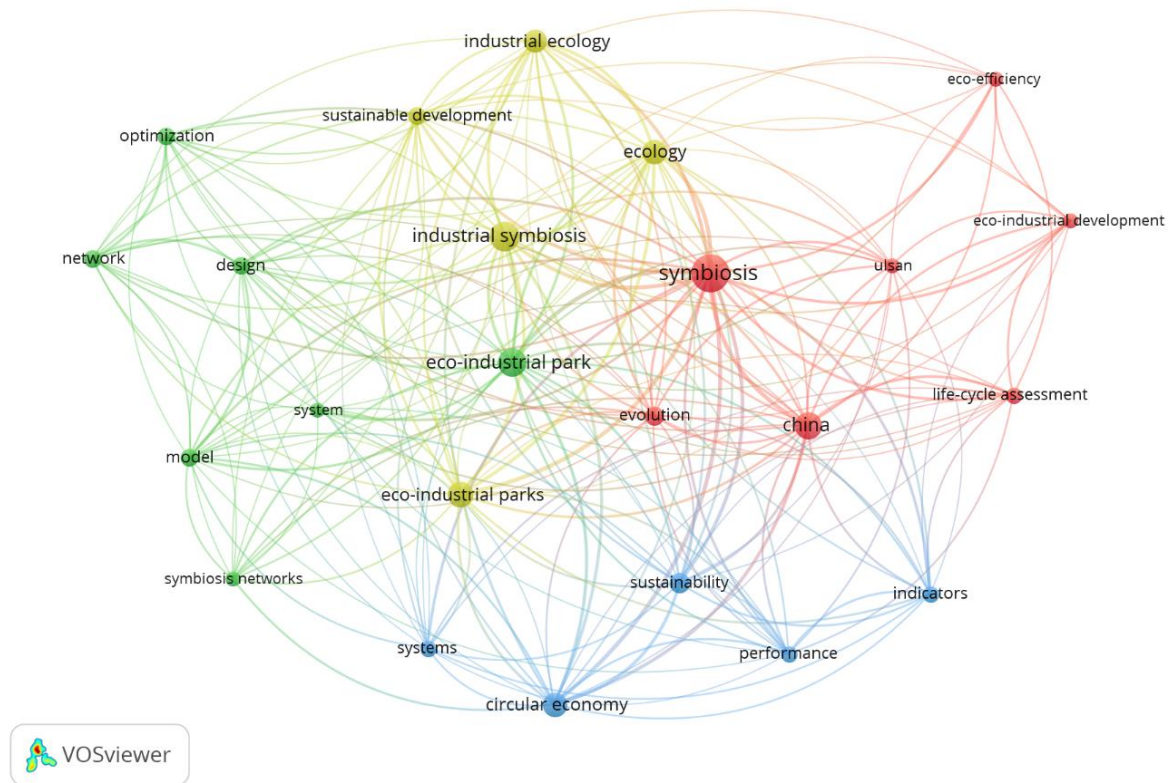
No que se refere a ocorrência e utilização de termos relacionados na busca dos artigos, o Quadro 7 apresenta o número de co-ocorrência dos termos.

Quadro 7 - Co-ocorrência de termos

Termos	Ocorrência
Symbiosis	32
Industrial Symbiosis	20
Eco-Industrial Park	18
China	16
Eco-Industrial Parks	15
Circular Economy	14
Ecology	14
Industrial Ecology	12
Sustainability	10
Evolution	8

Fonte: Autor (2021)

Por meio da análise da co-ocorrência dos termos, se identifica o termo “*symbiosis*” como o mais forte, sendo citado 32 vezes. Sendo seguido por “*industrial symbiosis*” tendo 20 citações, demonstrando como um dos temas principais a simbiose dentro das indústrias. Em terceiro, o termo “*eco-industrial park*” com 18. O termo “China” se deve ao país em que foram desenvolvidos os estudos, possuindo 16 citações. De maneira a ilustrar os resultados, a figura 13 apresenta a rede de co-ocorrência de termos.

Figura 11 – Rede de co-ocorrência de termos

Fonte: Autor (2021)

De acordo com a rede apresentada é possível destacar que a ocorrência de todos os termos estão diretamente atrelados quase que igualmente uns aos outros, configurando que há uma relação direta de interdependência quando se utiliza qualquer um dos termos na pesquisa. Por fim, cabe ressaltar a rede de co-citação de autores, podendo assim identificar os pesquisadores que mais demonstram interesse na área de estudo. O Quadro 8 apresenta o quantitativo de co-citações.

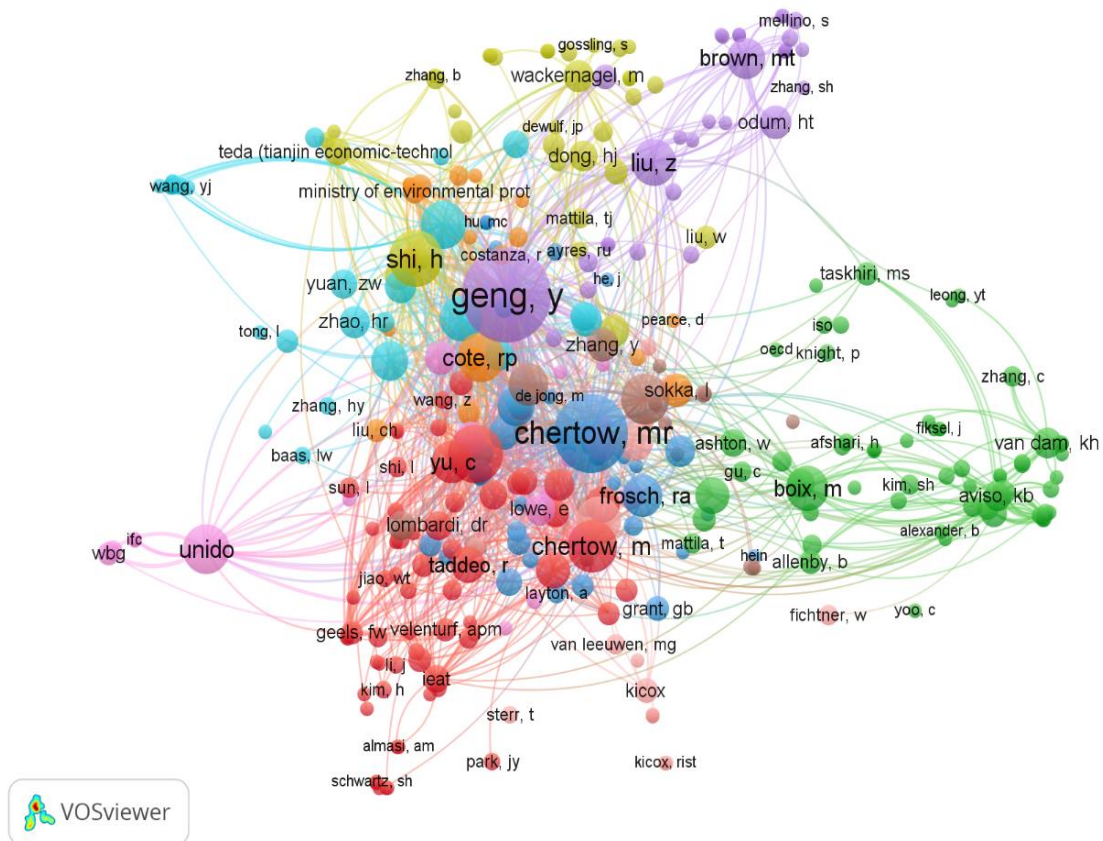
Quadro 8 - Co-citação dos autores

Autor	Citação
Geng, Y	83
Chertow, Mr	58
Gibbs, D	32
Shi, H	30
Chertow, M	25
Lowe, Ea	24
Cote, Rp	23
Unido	23
Tian, Jp	22
Boons, F	21

Fonte: Autor (2021)

A análise apontou o autor Yong Geng como mais co-citado, possuindo 83 citações. Ele se encontra no cluster roxo, apresentando relações de ideias com Liu Zhe entre outros. Em segundo se tem Chertow com 58 citações, pertencendo ao *cluster* azul juntamente com Frosch e Grant. O terceiro autor mais co-citado é Gibbs com 32 citações. De maneira visual, a figura 14 ilustra a rede de co-citação dos autores.

Figura 12 – Rede de co-citação dos autores

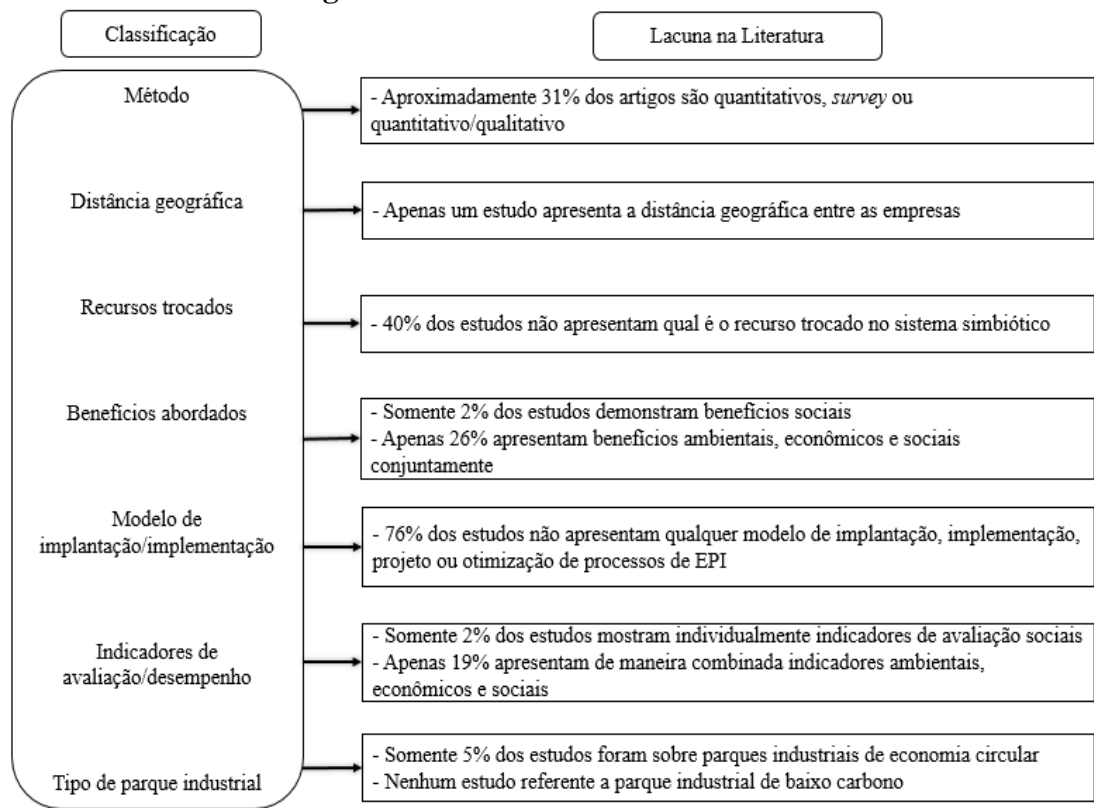


Fonte: Autor (2021)

A partir disso é possível destacar os principais autores e como estão conectados em laço de citações envolvendo os demais autores que publicam estudos relativos aos termos utilizados neste trabalho.

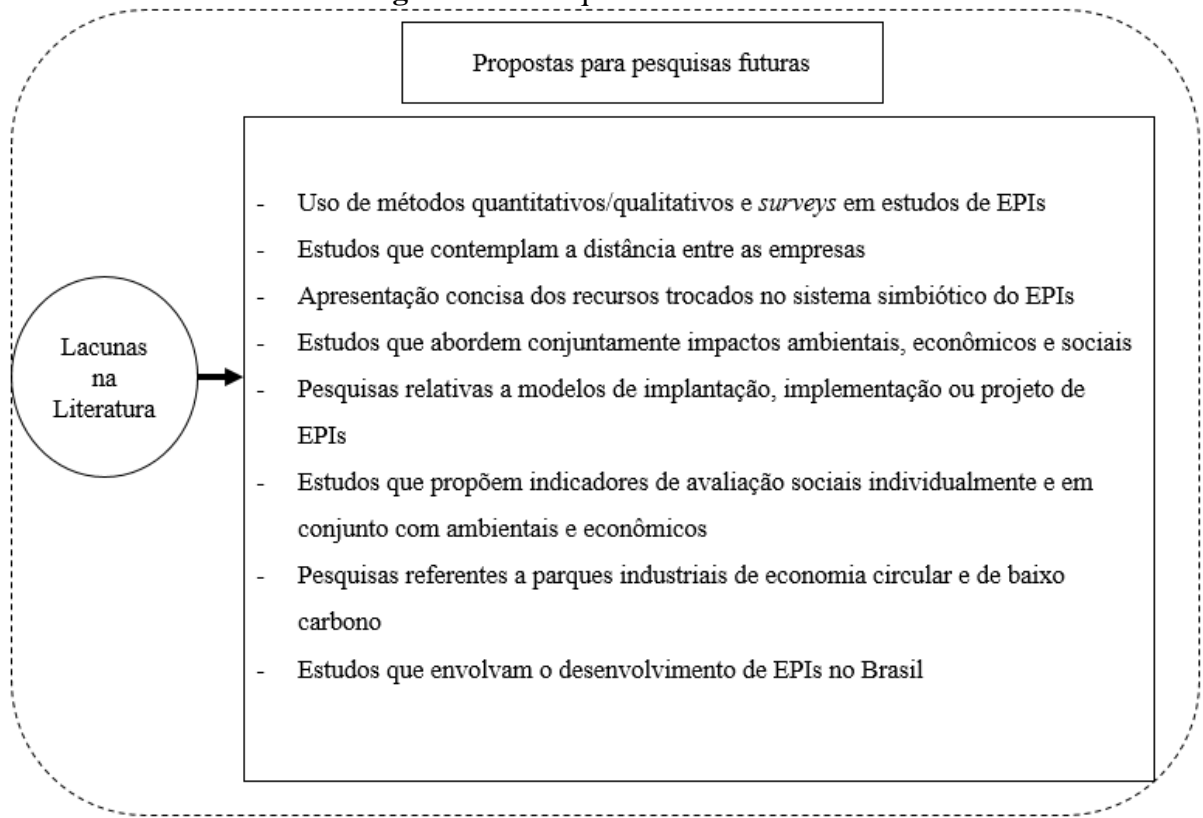
4.2 Perspectivas futuras e continuidade do estudo

Baseado nos resultados e discussão acerca da revisão sistemática da literatura sobre parques eco-industriais, onde cada artigo analisado foi categorizado de acordo com o Quadro 2, é possível apresentar diversas lacunas, conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13 – Lacunas na literatura

Fonte: Autor (2021)

A partir do exposto, uma série de recomendações para pesquisas futuras e para a continuidade desta pesquisa são apresentadas. A primeira recomendação é que sejam realizados estudos que abordem outras metodologias de pesquisa como as *surveys* que podem investigar como tem sido observado os avanços e impactos dos EIPs, além de extrair lições e facilitadores a partir da perspectiva dos gestores ou *stakeholders*. A Figura 14 mostra resumidamente as sugestões.

Figura 14 – Pesquisas futuras em EIP

Fonte: Autor (2021)

A segunda recomendação é quanto a estudos que apresentem informações quanto a distância em que as empresas que compõem o sistema simbiótico estão dispostas umas das outras, visto que, uma das características que configuram um EIP e que permitem a realização de SI é a proximidade entre as plantas industriais, facilitando o transporte de uma para a outra.

Conforme discutido, 40% das pesquisas não abordam qual é o tipo de recurso envolvido na troca simbiótica entre as empresas. Portanto, a terceira recomendação trata-se de estudos que explicitem concisamente os tipos de recursos que estão sendo trocados, sejam eles resíduos, água, energia, matéria-prima ou subprodutos. Assim, espera-se preencher esta carência de informações acerca das características dos EIPs ou do sistema de simbiose industrial.

A avaliação e exposição dos benefícios ambientais e econômicos são comumente explorados na literatura. Entretanto, conforme observado, quando se fala em benefícios sociais ou impactos sociais, apenas 26% dos artigos discorrem sobre este aspecto de forma combinada. Logo, é sugerido como uma quarta recomendação a adoção no escopo das pesquisas de conjuntamente incorporar os benefícios sociais com os ambientais e econômicos/financeiros.

Como sendo um dos principais elementos de investigação deste trabalho, 76% dos estudos não contemplem modelos de implantação, implementação ou projetos de EIPs,

reforçando assim a necessidade de os autores preencherem esta lacuna na literatura, sendo esta a quinta recomendação.

Em consonância com a quarta recomendação, a sexta sugestão de pesquisa refere-se à proposição de indicadores de avaliação de desempenho em EIPs é sugerida, especialmente no que tange a indicadores sociais individuais e em conjunto com o demais, visto que, apenas 19% dos estudos analisados apresentam combinadamente estes três aspectos de avaliação.

A sétima proposta para pesquisas futuras é apresentada diante da ausência de trabalhos quanto a outros tipos de parques industriais, como os de economia circular e os de baixo carbono, tendo este último nenhum trabalho encontrado na revisão sistemática da literatura realizada previamente.

Por fim, a última recomendação é relativa ao amplo desenvolvimento de trabalhos sobre parques eco-industriais no Brasil, visto que, apenas 3 estudos foram encontrados e, portanto, carece de uma investigação aprofundada sobre o tema.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo são apresentadas as principais considerações sobre os resultados em relação ao objetivo inicial, seguidas pelas as possibilidades para trabalhos futuros.

O principal objetivo foi realizar o mapeamento da literatura em relação dos modelos de implantação de parques eco-industriais, visto à importância desse tema para o gerenciamento ambiental das atividades produtivas. Para tanto, foram selecionados na literatura trabalhos relacionados com as temáticas de *Eco-Industrial Park*, *Industrial Symbiosis* e *Circular Economy*.

Pela análise da literatura, observa-se a predominância de bons resultados da implantação de parques eco-industriais na China, constatando a possibilidade de ganhos financeiros e a redução de resíduos de grandes centros industriais. Nesse sentido, a combinação da relação entre o poder público e o privado se faz necessário, de maneira que a governança se torna importante para auxiliar as empresas nas práticas de gerenciamento ambiental.

Conforme apresentado no capítulo anterior, existe a possibilidade de desenvolver novos trabalhos, de forma a acrescentar outras contribuições. A primeira proposta está em realizar uma outra metodologia de *Survey* para analisar o avanço dos parques eco-industriais. Outro ponto importante seria o desenvolvimento de pesquisas que abordem sobre a distância entre cada unidade simbiótica. Um estudo exemplificado sobre quais recursos são trocados também se faz necessário, de modo a suprir a carência sobre essa abordagem.

Além disso, torna-se interessante apresentar os impactos sociais da implementação dos parques na região, bem como estabelecimento de indicadores de desempenho. Existe a lacuna de estudos que abordem outros tipos de parques, como de economia circular e de baixo carbono. Por fim, outro ponto importante é a realização de estudos dos parques eco-industriais no Brasil, já que existe uma ausência dessas pesquisas.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, A.; STRACHAN, Peter. Literature review on eco-industrial development initiatives around the world and the methods employed to evaluate their performance/effectiveness. Report for Databuild. The Robert Gordon University, 2006.

AGUILAR, Kyle Darryl T. et al. Bi-level fuzzy optimization model of an algae-sugarcane-based Eco-industrial park. **Chemical Engineering Transactions**, v. 61, p. 877-882, 2017.

ALVES, Salete Martins; OLIVEIRA, João Fernando Gomes de. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental. **Production**, v. 17, n. 1, p. 129-138, 2007.

AMUI, Lara Bartocci Liboni et al. Sustainability as a dynamic organizational capability: a systematic review and a future agenda toward a sustainable transition. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 308-322, 2017.

ARIKAN, Emre; ŞİMŞIT-KALENDER, Zeynep Tuğçe; VAYVAY, Özalp. Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 403-412, 2017.

BALANAY, Raquel; HALOG, Anthony. Charting policy directions for mining's sustainability with circular economy. **Recycling**, v. 1, n. 2, p. 219-231, 2016.

BAO, S.; TOIVONEN, M. **The specificities and practical applications of Chinese eco-cities**. Journal of Science and Technology Policy Management. Espoo, v. 5, n. 2, p.162 - 176, jan. 2014. Disponível em: <<http://dxdoi.org/10.1108/JSTPM-05-2014-0020>>. Acesso em: 27 maio 2020.

BASTIDA-RUIZ, E.; FRANCO-GARCÍA, M.L; KREINER, I. **Analysis of indicators to evaluate the industrial parks contribution to sustainable development: Mexican case**. Management Research Review. Atizapan de Zaragoza, v. 36, n.12, p. 1272 - 1290, jan. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/MRR-06-2013-0145>>. Acesso em: 27 maio 2020.

BELAUD, Jean-Pierre et al. A circular economy and industrial ecology toolbox for developing an eco-industrial park: perspectives from French policy. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, n. 5, p. 967-985, 2019.

BOCKEN, N. M P. et al. Product design and business model strategies for a circular economy. **Journal of Industrial and Production Engineering**. V. 33, n. 5, p. 308-320, 3 jil. 2016.

BOIX, Marianne et al. Benefits analysis of optimal design of eco-industrial parks through life cycle indicators. In: **Computer Aided Chemical Engineering**. Elsevier, 2017. p. 1951-1956.

BOIX, Marianne et al. Optimization methods applied to the design of eco-industrial parks: a literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 303-317, 2015.

BOONS, Frank; SPEKKINK, Wouter; MOUZAKITIS, Yannis. The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 9-10, p. 905-911, 2011.

CASTIGLIONE, C.; ALFIERI, A. Supply chain and eco-industrial park concurrent design. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 1313-1318, 2019.

CEGLIA, Domenico; DE ABREU, Mônica Cavalcanti Sá; DA SILVA FILHO, José Carlos Lázaro. Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: Social barriers to be overcome. **Journal of environmental management**, v. 187, p. 375-383, 2017.

CHERTOW, Marian R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual review of energy and the environment**, v. 25, n. 1, p. 313-337, 2000.

CHERTOW, Marian R. The eco-industrial park model reconsidered. **Journal of Industrial Ecology**, v. 2, n. 3, p. 8-10, 1998.

CHERTOW, Marian R.; ASHTON, Weslynn S.; ESPINOSA, Juan C. Industrial symbiosis in Puerto Rico: Environmentally related agglomeration economies. **Regional studies**, v. 42, n. 10, p. 1299-1312, 2008.

CHERTOW, Marian R.; LOMBARDI, D. Rachel. Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. 2005.

CHERTOW, Marian; ASHTON, Weslynn; KUPPALLI, Radha. The industrial symbiosis research symposium at Yale: advancing the study of industry and environment. 2004.

CHERTOW, Marian; MIYATA, Yuko. Assessing collective firm behavior: Comparing industrial symbiosis with possible alternatives for individual companies in Oahu, HI. **Business**

Strategy and the Environment, v. 20, n. 4, p. 266-280, 2011.

ELMASSAH, Suzanna. Industrial symbiosis within eco-industrial parks: Sustainable development for Borg El-Arab in Egypt. **Business Strategy and the Environment**, v. 27, n. 7, p. 884-892, 2018.

ERKMAN, Suren. Industrial ecology: an historical view. **Journal of cleaner production**, v. 5, n. 1-2, p. 1-10, 1997.

FAN, Yupeng et al. Emergy analysis on industrial symbiosis of an industrial park—A case study of Hefei economic and technological development area. **Journal of cleaner production**, v. 141, p. 791-798, 2017.

FAN, Yupeng et al. Study on eco-efficiency of industrial parks in China based on data envelopment analysis. **Journal of environmental management**, v. 192, p. 107-115, 2017.

FAN, Yupeng et al. Study on eco-efficiency of industrial parks in China based on data envelopment analysis. **Journal of environmental management**, v. 192, p. 107-115, 2017.

FELICIO, Miriã Camargo. Proposta de um indicador para monitorar a evolução da simbiose industrial em parques eco-industriais segundo a perspectiva de sistemas dinâmicos. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FELICIO, Miriã et al. Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 118, p. 54-64, 2016.

FERREIRA, Marco A. et al. Lean and Green: practices, paradigms and future prospects. **Benchmarking: An International Journal**, 2019.

FESTEL, G.; WÜRMSEHER, M. Benchmarking of Industrial park infrastructures in Germany. **Benchmarking: An International Journal**. Zurich, v. 21, n. 6, p. 854 - 883, jan. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/BIJ-01-2013-0015>>. Acesso em: 27 maio 2020.

FRANCISCO, Gabriela Amorozo. Prevenção de Resíduos: Um estudo de caso na indústria calçadista brasileira. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FROSCHE, Robert A. "Industrial ecology: a philosophical introduction". *Proceeding of the National Academy of Science*, 89: 800-803, 1992.

FUJII, Minoru et al. Smart recycling of organic solid wastes in an environmentally sustainable society. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 63, p. 1-8, 2012.

GENC, Olcay et al. A socio-ecological approach to improve industrial zones towards eco-

industrial parks. **Journal of environmental management**, v. 250, p. 109507, 2019.

GENG, Yong; DOBERSTEIN, Brent. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. **The International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 15, n. 3, p. 231-239, 2008.

GENG, Yong; HENGXIN, Zhao. Industrial park management in the Chinese environment. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, n. 14, p. 1289-1294, 2009.

GÓMEZ, Alejandro M. Martín; GONZÁLEZ, Francisco Aguayo; BÁRCENA, Mariano Marcos. Smart eco-industrial parks: A circular economy implementation based on industrial metabolism. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 58-69, 2018.

GÓMEZ, Alejandro M. Martín; GONZÁLEZ, Francisco Aguayo; BÁRCENA, Mariano Marcos. Smart eco-industrial parks: A circular economy implementation based on industrial metabolism. **Resources, conservation and recycling**, v. 135, p. 58-69, 2018.

GUIMARÃES, Paula Salomão. Práticas de green supply chain management em eco-industrial parks: contribuição de uma revisão bibliográfica sistemática e de estudos de caso. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

HEIN, Andreas M. et al. A conceptual framework for eco-industrial parks. In: ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2015.

HEIN, Andreas M. et al. A conceptual framework for eco-industrial parks. In: ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2015.

HEIN, Andreas M. et al. A data-and knowledge-driven methodology for generating eco-industrial park architectures. In: ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2016.

HOMRICH, Aline Sacchi et al. The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 525-543, 2018.

HUANG, Beijia et al. Review of the development of China's Eco-industrial Park standard system. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 137-144, 2019.

HUANG, Beijia et al. Review of the development of China's Eco-industrial Park standard

system. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 137-144, 2019.

INOUE, C. Y.; MACHADO, T. M.; RIBEIRO, L. Sustainable consumption and production patterns: solid waste and governance challenge from local to global/Padrões sustentáveis de produção e consumo: resíduos sólidos e os desafios de governança do global ao local. **Meridiano 47**, v. 17, 2016.

ISENMANN, Ralf. Industrial ecology: shedding more light on its perspective of understanding nature as model. **Sustainable Development**, v. 11, n. 3, p. 143-158, 2003. BILITEWSKI, Bernd. The circular economy and its risks. **Waste management**, v. 1, n. 32, p. 1-2, 2012.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta. Environmental training in organisations: From a literature review to a framework for future research. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 144-155, 2013.

JAMBECK, Jenna R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768-771, 2015.

JUNIOR, Muris Lage; GODINHO FILHO, Moacir. Variations of the kanban system: Literature review and classification. **International Journal of Production Economics**, v. 125, n. 1, p. 13-21, 2010.

KASTNER, Catharine A.; LAU, Raymond; KRAFT, Markus. Quantitative tools for cultivating symbiosis in industrial parks; a literature review. **Applied Energy**, v. 155, p. 599-612, 2015.

KESSLER, M. M. Bibliographic coupling between scientific papers. **American Documentation**, v. 14, p. 10-25, 1963.

KIM, Hyeong-Woo et al. The Role of the Eco-Industrial Park (EIP) at the national economy: An input-output analysis on Korea. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 4545, 2018.

KORHONEN, J. **Four ecosystem principles for an industrial ecosystem**. Journal of Cleaner Production. Joensuu, v. 9, p. 253 - 259, jun. 2001. Disponível em: <S0959-6526(00)00058-5>. Acesso em: 27 maio 2020.

KUZNETSOVA, E.; ZIO, Enrico; FAREL, Romain. A methodological framework for Eco-Industrial Park design and optimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 126, p. 308-324, 2016.

LAURENT, A. et al. Review of LCA studies of solid waste management systems—Part I: Lessons learned and perspectives. **Waste management**, v. 34, n. 3, p. 573-588, 2014.

- LE TELLIER, Mathilde et al. From SCM to eco-industrial park management: Modelling eco-industrial park's symbiosis with the SCOR model. In: **IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems**. Springer, Cham, 2017. p. 467-478.
- LE TELLIER, Mathilde et al. Towards sustainable business parks: A literature review and a systemic model. **Journal of cleaner production**, v. 216, p. 129-138, 2019.
- LIFSET, Reid; GRAEDEL, Thomas E. Industrial ecology: goals and definitions. A handbook of industrial ecology, p. 3-15, 2002.
- LIU, Changhao; CÔTÉ, Raymond. A framework for integrating ecosystem services into China's circular economy: The case of eco-industrial parks. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1510, 2017.
- LIU, Changhao; CÔTÉ, Raymond. A framework for integrating ecosystem services into China's circular economy: The case of eco-industrial parks. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1510, 2017.
- LIU, Wei et al. Environmental performance analysis of eco-industrial parks in China: A data envelopment analysis approach. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 6, p. 1070-1081, 2015.
- LIU, Zhe et al. A hybrid model of LCA and emergy for co-benefits assessment associated with waste and by-product reutilization. **Journal of Cleaner Production**, v. 236, p. 117670, 2019.
- LIU, Zhe et al. Co-benefits accounting for the implementation of eco-industrial development strategies in the scale of industrial park based on emergy analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1522-1529, 2018.
- LOWE, Ernest A. Eco-industrial park handbook for Asian developing countries. Report to Asian Development Bank, 2001.
- LUIZ, Joao Victor Rojas et al. Ecodesign field of research throughout the world: mapping the territory by using an evolutionary lens. **Scientometrics**, v. 109, n. 1, p. 241-259, 2016.
- LUPO, Toni; CUSUMANO, Massimiliano. Towards more equity concerning quality of Urban Waste Management services in the context of cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 1324-1341, 2018.
- LYONS, Donald I. A spatial analysis of loop closing among recycling, remanufacturing, and waste treatment firms in Texas. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 1, p. 43-54, 2007.

MACARTHUR, Ellen. Rumo a uma economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição. **Ellen MacArthur Foundation**, 2015.

MADANHIRE, Ignatio; MUGANYI, Peter; MBOHWA, Charles. Turning Industrial Area into an Eco-Industrial Park in South Africa: Case Study.

MADANHIRE, Ignatio; MUPASO, Taurai; MBOHWA, Charles. Industrial Area Into Eco-Industrial Park (EIP) Case Study of Harare.

MANTESE, Gabriel Couto; AMARAL, Daniel Capaldo. Comparison of industrial symbiosis indicators through agent-based modeling. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1652-1671, 2017.

MASSARD, Guillaume; LEUENBERGER, Heinz; DONG, Tran Duy. Standards requirements and a roadmap for developing eco-industrial parks in Vietnam. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 80-91, 2018.

MATHEWS, John A.; TAN, Hao; HU, Mei-Chih. Moving to a circular economy in China: transforming industrial parks into eco-industrial parks. **California Management Review**, v. 60, n. 3, p. 157-181, 2018.

NASCIMENTO, Décio Estevão et al. Parque Eco-Industrial: Uma discussão sobre o futuro dos distritos industriais brasileiros. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 1, p. 97, 2006.

NEWELL, J. P.; COUSINS, J. J. The boundaries of urban metabolism: Towards a political-industrial ecology. **Progress in Human Geography**, v. 39, n. 6, p. 702-728, 2015.

PARK, Jooyoung; PARK, Jun-Mo; PARK, Hung-Suck. Scaling-up of industrial symbiosis in the Korean National Eco-Industrial Park Program: Examining its evolution over the 10 years between 2005–2014. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 197-207, 2019.

PARK, Jun Mo; PARK, Joo Young; PARK, Hung-Suck. A review of the National Eco-Industrial Park Development Program in Korea: Progress and achievements in the first phase, 2005–2010. **Journal of cleaner production**, v. 114, p. 33-44, 2016.

PAULIUK, S.; HERTWICH, E. G. Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human societies. **Ecological Economics**, v. 119, p. 83-93, 2015.

QU, Ying et al. Sustainable development of eco-industrial parks in China: effects of managers' environmental awareness on the relationships between practice and performance. **Journal of**

Cleaner Production, v. 87, p. 328-338, 2015.

RIBEIRO, Paulo et al. An integrated approach towards transforming an industrial park into an eco-industrial park: the case of Salaise-Sablons. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 61, n. 2, p. 195-213, 2018.

SAUVÉ, Sébastien; BERNARD, Sophie; SLOAN, Pamela. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, v. 17, p. 48-56, 2016.

SCAFÀ, Martina; MARCONI, Marco; GERMANI, Michele. A critical review of symbiosis models. **Advances in Transdisciplinary Engineering**, 2018.

SENDRA, C.; GABARRELL, X.; VICENT, T. Material flow analysis adapted to an industrial area. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p. 1706 - 1715, 2007.

SHI, Yao et al. The ecosystem service value as a new eco-efficiency indicator for industrial parks. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 597-605, 2017.

SMALL, H. Cocitation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 24, p. 265–269, 1973.

SONG, Xiaoqian et al. Social network analysis on industrial symbiosis: A case of Gujiao eco-industrial park. **Journal of Cleaner Production**, v. 193, p. 414-423, 2018.

STUCKI, Jérôme et al. Eco-Industrial Park (EIP) Development in Viet Nam: Results and Key Insights from UNIDO's EIP Project (2014–2019). **Sustainability**, v. 11, n. 17, p. 4667, 2019.

SUSUR, Ebru; HIDALGO, Antonio; CHIARONI, Davide. A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 338-359, 2019.

TADDEO, Raffaella. Local industrial systems towards the eco-industrial parks: the model of the ecologically equipped industrial areas. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 189-197, 2016.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

TUDOR, Terry; ADAM, Emma; BATES, Margaret. Drivers and limitations for the successful

development and functioning of EIPs (eco-industrial parks): A literature review. **Ecological Economics**, v. 61, n. 2-3, p. 199-207, 2007.

VALENZUELA-VENEGAS, Guillermo et al. A resilience indicator for Eco-Industrial Parks. **Journal of cleaner production**, v. 174, p. 807-820, 2018.

VALENZUELA-VENEGAS, Guillermo et al. Resilience study applied in eco-industrial Parks. In: **Computer Aided Chemical Engineering**. Elsevier, 2017. p. 1957-1962.

VALENZUELA-VENEGAS, Guillermo; SALGADO, J. Cristian; DÍAZ-ALVARADO, Felipe A. Sustainability indicators for the assessment of eco-industrial parks: classification and criteria for selection. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 99-116, 2016.

VAN BEERS, Dick et al. Lessons Learned from the Application of the UNIDO Eco-Industrial Park Toolbox in Viet Nam and Other Countries. **Sustainability**, v. 11, n. 17, p. 4687, 2019.

VELEVA, Vesela et al. Benchmarking eco-industrial park development: the case of Devens. **Benchmarking: An International Journal**, 2016.

WANG, Yanqiu et al. The evaluation of eco-efficiency of the industrial coupling symbiosis network of the eco-industrial park in oil and gas resource cities. **Energy Science & Engineering**, v. 7, n. 3, p. 899-911, 2019.

WEN, Zongguo; MENG, Xiaoyan. Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District. **Journal of Cleaner Production**, v. 90, p. 211-219, 2015.

YAMSRUAL, Supattra et al. Assessment of local perception on eco-industrial estate performances after 17 years of implementation in thailand. **Environmental Development**, v. 32, p. 100457, 2019.

YEDLA, Sudhakar; PARK, Hung-Suck. Eco-industrial networking for sustainable development: review of issues and development strategies. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 2, p. 391-402, 2017.

YU, Chang; DIJKEMA, Gerard PJ; DE JONG, Martin. What Makes Eco-Transformation of Industrial Parks Take Off in China?. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 3, p. 441-456, 2015.

ZENG, Huixiang et al. Institutional pressures, sustainable supply chain management, and circular economy capability: Empirical evidence from Chinese eco-industrial park

firms. **Journal of cleaner production**, v. 155, p. 54-65, 2017.

ZHANG, Chuan et al. A novel methodology for the design of waste heat recovery network in eco-industrial park using techno-economic analysis and multi-objective optimization. **Applied energy**, v. 184, p. 88-102, 2016.

ZHAO, Haoran; GUO, Sen; ZHAO, Huiru. Comprehensive benefit evaluation of eco-industrial parks by employing the best-worst method based on circular economy and sustainability. **Environment, development and sustainability**, v. 20, n. 3, p. 1229-1253, 2018.

ZHAO, Haoran; ZHAO, Huiru; GUO, Sen. Evaluating the comprehensive benefit of eco-industrial parks by employing multi-criteria decision making approach for circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2262-2276, 2017.

ZHAO, Haoran; ZHAO, Huiru; GUO, Sen. Evaluating the comprehensive benefit of eco-industrial parks by employing multi-criteria decision making approach for circular economy. **Journal of cleaner production**, v. 142, p. 2262-2276, 2017.

ZHAO, Yu et al. An emergy ternary diagram approach to evaluate circular economy implementation of eco-industrial parks. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, n. 7, p. 1433-1445, 2019.

ZHOU, Li et al. An ontology framework towards decentralized information management for eco-industrial parks. **Computers & Chemical Engineering**, v. 118, p. 49-63, 2018.

ZHOU, Yang et al. A METHOD FOR TENANT SELECTION OF CHINA'S CONSTRUCTION INDUSTRIAL PARKS THROUGH INDUSTRIAL SYMBIOSIS. In: **THIRTY-THIRD ANNUAL CONFERENCE**. p. 611.

ZURBRÜGG, Christian et al. Determinants of sustainability in solid waste management—The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia. **Waste management**, v. 32, n. 11, p. 2126-2133, 2012.

ARTIGO 2

Modelo de implantação de Parques eco-industriais: Uma proposta conceitual

1. INTRODUÇÃO

A adequada gestão geração de resíduos industriais tem sido pauta de pesquisa científica há décadas, entretanto, nos últimos anos com a ascensão e popularização de diversos conceitos da Ecologia Industrial (EI), tal tema tem recebido maior ênfase na busca por ações que favoreçam a sustentabilidade, ou seja, que seja possível o avanço e desenvolvimento industrial, sem que impactos negativos sejam ocasionados ao meio ambiente (NEWELL; COUSINS, 2015).

Estudos referentes a proposição de mecanismos para a inserção de práticas sustentáveis pelas indústrias são comumente encontrados na literatura. A adoção de medidas relacionadas a Economia Circular (EC), principalmente sobre a geração de *frameworks*, modelos de avaliação de níveis de sustentabilidade industrial, implementação de Parques Eco-Industriais (EIP), aprimoramento de indicadores de desempenho para a Simbiose Industrial (SI) são formas de propor um gerenciamento de resíduos provenientes das indústrias (LIU; COTÉ, 2017; ZHAO HAORAN; ZHAO HUIRU; GUO, 2017; HEIN, 2015; HUANG *et al.*, 2019).

No Brasil, destaca-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei nº 12.305/2010) que possibilitou a regularização quanto ao reaproveitamento de resíduos sólidos, de maneira que ações referentes a logística reversa sejam implementadas a fim de viabilizar a coleta e reaproveitamento dos resíduos pelas empresas, seja no próprio processo produtivo ou para destinação final apropriada (BRASIL, 2010).

De acordo com Soler *et al.*, (2012, p.79) essa política permitiu a inserção de novos conceitos e a determinação de responsabilidades aos geradores de resíduos. Tal política estabelece orientações fundamentais para o fechamento da cadeia de suprimentos para o gerenciamento de diversos produtos. A PNRS estabelece que a destinação final deve ser

ambientalmente correta e define as formas de reutilização por meio de reciclagem, recuperação ou compostagem e, determina o agente responsável pela logística reversa.

Segundo Thode Filho *et al.* (2015), a PNRS surgiu com a perspectiva de diminuir os problemas causados pelos resíduos, sendo que não somente o governo, mas também a indústria e os consumidores são responsáveis pela correta destinação do produto.

Apesar de contar com a PNRS para auxiliar as empresas no estabelecimento de medidas sustentáveis, no que tange à pesquisa científica, o Brasil carece de estudos que favoreçam a aplicação dos conceitos de SI, EIP e EC. Em estudos preliminares realizados nas bases de dados internacionais *Web of Science* e *Scopus*, com os termos de busca “*Eco-industrial park, industrial symbiosis e circular economy*”, apenas três trabalhos são de origem brasileira, sendo que nenhum deles apresentam um modelo de implantação ou estudo referente a concepção de parques eco-industriais, ou seja, não há evidências de estudos pautados nessas ideias.

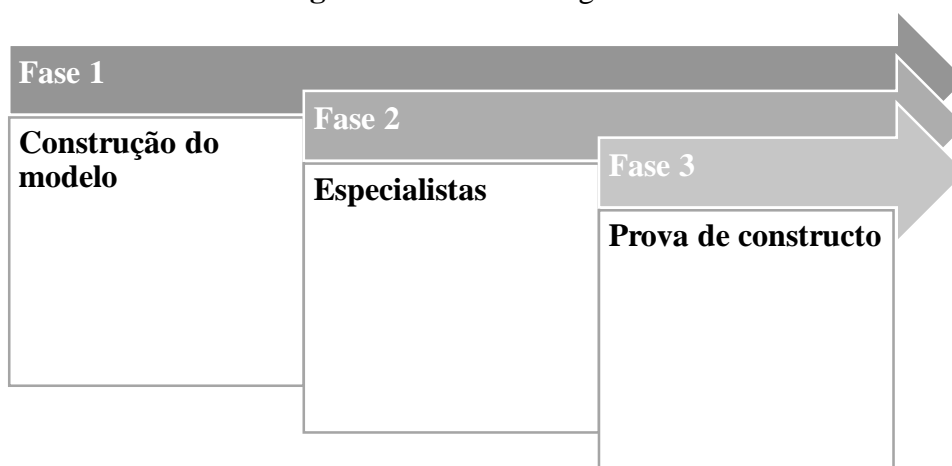
Além disso, não foi encontrado nenhum estudo que aborde conjuntamente de questões relativas aos impactos ambientais, sociais e econômicos. Assim, destaca-se a ausência de trabalhos que possam fornecer uma base para o poder privado e público de proporem mecanismos que promovam os conceitos da ecologia industrial.

Diante do contexto apresentado, este artigo tem como objetivo desenvolver um modelo de implantação de parques eco-industriais que considere aspectos econômicos, ambientais e sociais cujas características se apliquem a um país emergente como o Brasil.

2. METODOLOGIA

2.1 Procedimentos metodológicos

Considerando os objetivos propostos, este estudo pode ser dividido em três fases: Construção do modelo conceitual, entrevistas com especialistas e prova de constructo. A Figura 15 ilustra as fases adotadas na condução do estudo.

Figura 15 – Metodologia

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A primeira consistiu na obtenção de um modelo de implantação de parques-eco industriais, para isso, foi realizada uma revisão da literatura considerando o estudo preliminar de revisão sistemática da literatura (artigo 1) e a fundamentação teórica acerca dos temas abordados neste trabalho.

A segunda fase refere-se à recorrência aos especialistas para verificação de aderência do modelo, isto é, se o modelo construído possui alguma necessidade de inclusão ou exclusão de elementos/etapas e também se o mesmo se apresenta aplicável no contexto prático. Nesta fase, com o auxílio de um questionário com perguntas abertas (Apêndice A), entrevistas foram realizadas a fim de verificar a necessidade de adequação do modelo perante a especialistas nas áreas que permeiam o trabalho. O Quadro 9 apresenta a descrição dos especialistas participantes.

Quadro 9 – Descrição dos especialistas

Especialistas	Formação Acadêmica (maior titulação)	Experiência (anos)
Secretário ambiental	Graduação Engenharia Sanitária e Ambiental	12
Diretor de desenvolvimento industrial	Graduação Administração de empresas	7
Docente/Pesquisador	Doutorado Engenharia de Produção	23

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para os três membros selecionados a formação acadêmica com maior grau de titulação e a experiência na área quantificada em anos, foram informações levantadas com o objetivo de caracterizar o perfil dos respondentes em termos de conhecimentos acerca do tema.

Por fim, a terceira fase trata-se da prova de constructo do modelo após a verificação com os especialistas. Nesta etapa, alguns elementos do modelo proposto foram exemplificados com uma aplicação real considerando a região Centro-Sul de Mato Grosso do Sul.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Ecologia industrial

Nos anos de 1970 surgiram os primeiros trabalhos acerca da Ecologia Industrial, se aproximando os sistemas industriais dos ecossistemas “naturais”. A ecologia Industrial parte da preocupação dos impactos que as atividades produtivas tinham sobre os ecossistemas, buscando a otimização dos fluxos e a eficiência do emprego de recursos, permitindo o fechamento dos ciclos de produção e consumo (FRANCISCO, 2016).

Segundo Lifset (2002), a Ecologia Industrial possui duas noções. A primeira se relaciona com a inclusão das atividades produtivas no contexto dos ecossistemas. A segunda noção, relaciona o estabelecimento dos ecossistemas naturais, de modo que a energia e os materiais circulam de forma cíclica.

As organizações demandam por matérias primas e geram produtos que podem ser vendidos, além de efluentes que são depositados, dessa maneira o consumo se torna mais eficiente e os resíduos são reaproveitados como matéria prima de um outro processo, surgindo assim o termo ecossistemas industriais (FRANCISCO, 2016).

A Ecologia Industrial possui 3 bases primárias: Meio Ambiente, Economia e Social. O Meio Ambiente é o local onde se retira a matéria prima. A Economia necessita do equilíbrio entre o que é ecologicamente correto e os ganhos financeiros. O Social se refere a qualidade de vida, além do oferecimento de recursos e ferramentas dignas de trabalho (ALVES, 2007).

Segundo Francisco (2016), a Ecologia Industrial é uma contraproposta ao sistema atual que se baseia no processo linear de produção, consumo e descarte. De modo, que o conjunto de empresas que formam um ecossistema industrial, permite a redução da geração de resíduos, sendo algo cíclico em estado de fluxo contínuo.

3.2 Ecossistemas industriais

A Economia Circular se apresenta como um ciclo positivo de desenvolvimento contínuo, existindo a preservação e o reforço do capital natural. Através da gestão das reservas finitas e dos fluxos renováveis, se dá a otimização dos rendimentos dos recursos e a minimização dos riscos do sistema (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

Chertow (2000) apontou a possibilidade de usar algumas ferramentas para desenvolver a Ecologia Industrial. A Simbiose Industrial e os Parques Eco Industriais são enfatizados como os mais fundamentais, pois os dois integram harmoniosamente com o conceito de ciclo fechado no ecossistema industrial.

Devido ao aumento da geração de resíduos e à escassez de recursos naturais, foi formulada uma estratégia para fechar a circulação de materiais, dentre eles, a Simbiose Industrial se destaca por fornecer recursos e resíduos em troca da produção (LYONS, 2007).

A simbiose usada nesse termo decorre da relação simbiótica que existe na natureza, na qual duas ou mais espécies diferentes e organismos diferentes estão relacionados entre si na forma de troca de energia para fornecer benefícios, materiais ou informações para ambas as partes, de modo que os esforços coletivos excedem o individual (CHERTOW, 2000).

A Simbiose Industrial considera as empresas e suas operações como elementos relacionados, utiliza resíduos gerados por outras empresas no processo de produção, utilizando os recursos de maneira eficaz, realiza um ciclo fechado de utilização de resíduos e promove o desenvolvimento econômico, sustentável e social (CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008).

A rede de simbiose otimiza o fluxo de recursos e minimiza a geração de resíduos, podendo, em comparação com a operação isolada da empresa, alcançar maior desempenho econômico e ambiental. Como resultado, o acesso às matérias-primas é reduzido, a cooperação é melhorada e o impacto ambiental causado pelas atividades de produção é reduzido (CHERTOW; MIYATA, 2011).

Para implementar a simbiose industrial nas atividades do parque eco-industrial, as ações de planejamento devem incluir análise econômica (retorno sobre o potencial de investimento), análise técnica (tecnologia disponível), análise ambiental (determinação dos parâmetros ambientais exigidos) e medidas regulatórias (físicas e ambientais) (NASCIMENTO *et al.*, 2006).

O processo de Simbiose Industrial é considerado uma das principais atividades no desenvolvimento de um Eco Parque industrial, esses dois conceitos se complementam (FELÍCIO, 2013). Sendo sugerido por Agarwal e Stracham (2006) que o Eco Parque Industrial seja um subconjunto de Simbiose Industrial.

Portanto, as vantagens da simbiose industrial são cruciais para a formação de parques eco-industriais, pois podem servir de atrativo para a implantação do processo nesses ambientes (CHERTOW; LOMBARDI, 2005). Lowe (2001), Chertow e Lombardi (2005), Tudor *et al.*, enfatizaram alguns benefícios. (2007) e Geng *et al.* (2009) como a redução da utilização de materiais virgens, redução da poluição, tratamento de água, comunidade tem uma maior

participação, marketing verde; sustentabilidade, eficiência energética aumentada e expansão dos tipos e quantidade de saídas de processos com valor de mercado.

Em relação à sustentabilidade do parques eco-industriais, Festel e Würmseher (2014) apontam que eles contribuem entre si e efetivamente cooperam com a sociedade local, compartilham recursos e, assim, obtém receita financeira e importância ambiental, com equidade e fortalecimento das empresas e regiões específicas.

Em suma, os parques eco-industriais precisam serem compostos pela gestão ambiental e sua tecnologia, produtos verdes, reciclagem e exclusividade dos recursos utilizados (BAO; TOIVONEN, 2014).

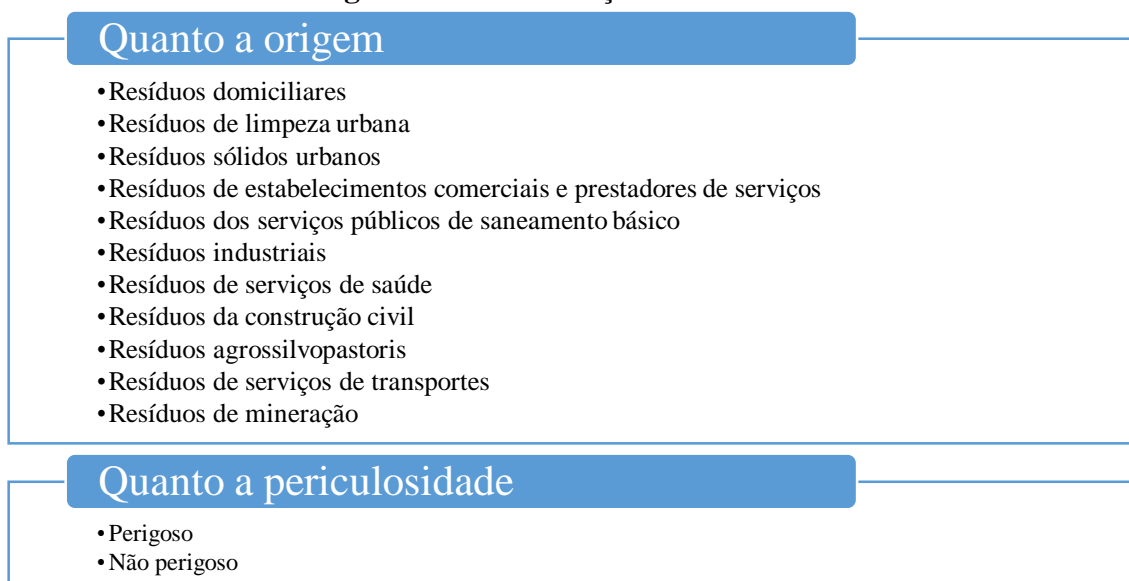
3.3 Ecologia Industrial e Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) veio para finalizar e centralizar todo o resultado de anos de tramitação do governo sobre esse tema por meio da lei nº 12.305/10. Linhares Maia *et al.*, (2014) demonstra haver uma preocupação mostrada pelo legislador na lei onde esse tem o objetivo de sensibilizar as partes como a sociedade, poder público e setor produtivo de forma que se preocupem com as necessidades de produção, coleta, transporte e descarte de resíduos sólidos objetivando assim o desenvolvimento sustentável.

A lei 12.305 define resíduos sólidos como sendo:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL,2010).

Essa definição é agregada com as classificações referidas no Art. 13. As classificações estão mostradas na Figura a 16.

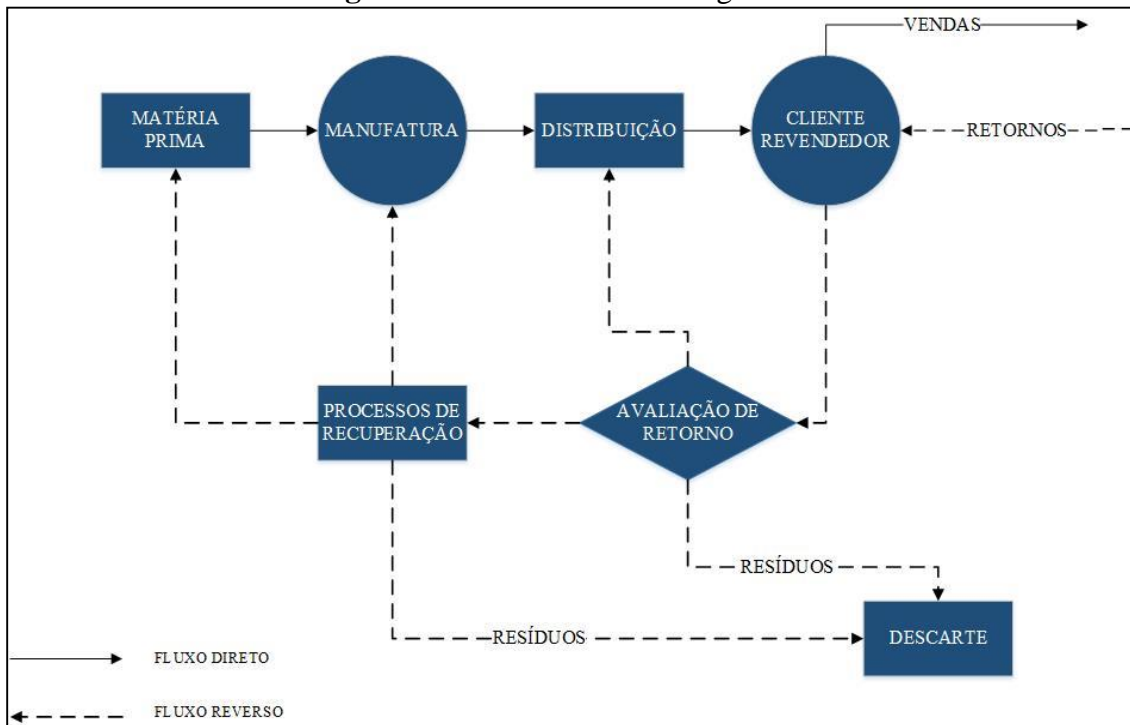
Figura 16 - Classificação dos resíduos sólidos

Fonte: Brasil (2010)

Neste sentido a lei 12.305/10 define resíduos industriais como aqueles resultantes de processos produtivos industriais. Sendo assim a lei menciona logística reversa como um de seus instrumentos no Art. 3º, tendo a seguinte definição:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Fica evidente a importância de o setor empresarial ter a preocupação em fazer o processo inverso com os seus produtos buscando o melhor aproveitamento de matérias primas e mais, complementando Gonvindan, Soleimani e Kannam (2014) dizem que a logística reversa se inclui no planejamento, operação e controle de um sistema como todo, tendo este o objetivo de criar valor se estendendo ao ciclo de vida completo do produto, também há a possibilidade de ser nomeada cadeia de suprimento em circuito fechada. A Figura 17 ilustra o ciclo básico logístico.

Figura 17 – Fluxo básico da logística reversa

Fonte: Adaptado de Gavindan, Soleimani e Kannam (2015)

A cadeia logística é um dos instrumentos mais importantes onde o Brasil possui uma jornada de melhorias pela frente ainda, Couto e Lange (2017) mostram que alguns desafios devem ser enfrentados, como adequação de legislação, instrumentos financeiros e licenciamento ambiental, todos de responsabilidade do governo, mas também há a necessidade das articulações dos elos da cadeia produtiva para melhorias.

Além de conceitos técnicos um ponto positivo para Camargo (2014) sobre a lei foi que com relação às outras anteriormente existentes, foi trazer conceitos de sustentabilidade para o corpo do texto.

Aliado a isso quanto a gestão e o gerenciamento o Art. 9 traz a ordem de prioridades como sendo: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição ambientalmente correta dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Ainda a lei define a gestão integrada de resíduos sólidos como sendo ações realizada buscando soluções para os resíduos sólidos, sempre motivado pelo desenvolvimento sustentável sendo feito um controle social e considerando todas as dimensões política, econômica, cultural, ambiental e social (BRASIL, 2010).

Complementando o conceito da lei, Pugliesi (2010) trata que a gestão integrada de resíduos sólidos atua com três aspectos essenciais: arranjos institucionais, instrumentos legais e mecanismos de financiamento, onde estes juntos promovam a organização de modelo de

planejamento e estratégia de atuação que resulte em modelo de execução e medidas de controle havendo minimização dos resíduos.

Outro aspecto importante tem relação com os princípios da lei 12.305/10 no qual diz sobre a cooperação entre o setor público, setor empresarial e os segmentos da sociedade, além disso a eco eficiência através de um ajuste entre fornecimento, preços, de bens e serviços que proporcionem qualidade de vida e promovam a redução do impacto ambiental e consumo dos recursos naturais de acordo com a capacidade de sustentação do planeta (BRASIL, 2010). Ainda a lei abre e traz um instrumento importante para a realização dos objetivos e princípios sendo por meio da pesquisa científica e tecnológica.

Com isso Linhares Maia *et al.*, (2014) apontam a educação ambiental como instrumento determinante, pois com este será dado o tratamento adequado aos resíduos sólidos, também o processo de mobilização social acontece pela educação mantendo a população alerta sobre a importância de hábitos direcionado a sustentabilidade, tornando a corresponsável e coparticipante da gestão dos resíduos.

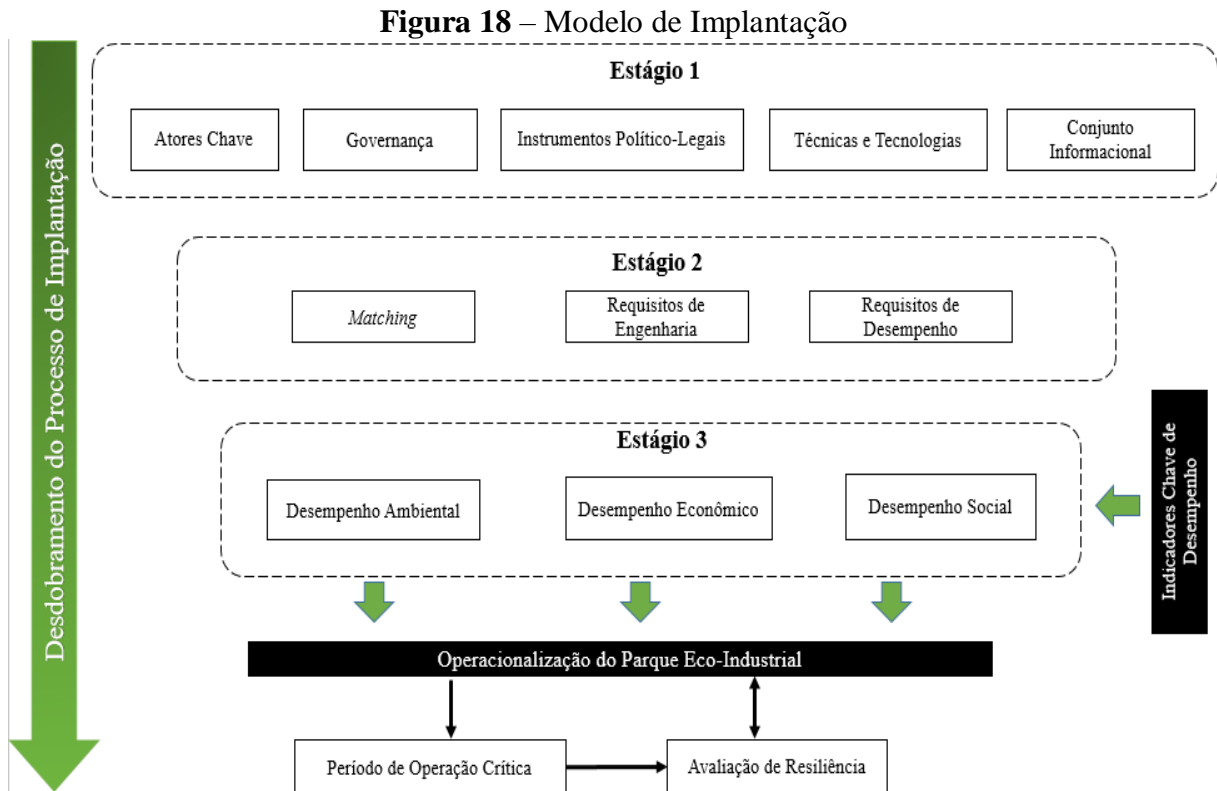
Para Pereira (2011) a legislação é um marco regulatório para a legislação ambiental do Brasil, este ainda acredita ser necessário mais que um texto, devendo ser aplicado o engajamento social e político, pois com a destinação certa, valorização dos profissionais atuantes, educação as pessoas os resultados serão visíveis e conseqüentemente mudanças acontecerão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Construção do modelo

No que se refere ao objetivo de delineamento de um modelo conceitual de implantação de EIPs, com a realização da revisão sistemática e estudo complementar da literatura, foi possível o levantamento de informações essenciais na constituição e concepção do desenvolvimento de parques eco-industriais, bem como a análise dos modelos, ferramentas e ações que permeiam o processo de implantação.

O modelo elaborado trata-se de um conjunto de elementos que compõem o processo de implantação e podem ser incorporados continuamente no decorrer deste estudo. Logo, não se trata da versão final, visto que, indubitavelmente é necessária a exemplificação do mesmo. A exemplificação e adaptação final do modelo será obtida após a aplicação em estudo de caso e avaliação dos resultados encontrados. A Figura 18 e apresenta esquematicamente o modelo proposto.



Fonte: Autor (2021)

De acordo com Mandanhire, Mupaso e Mbohwa (2018) três fases podem ser exploradas num processo de implantação, sendo: o planejamento, *design* e implementação. Assim, para o modelo proposto é possível entender a base do modelo com 3 estágios principais subsequentes. Pormenorizando seus detalhes, cada estágio possui um conjunto de elementos integrados e relativos ao planejamento, projeto, operacionalização e controle das atividades e informações que fluem no processo de implantação e execução das trocas simbióticas envolvidas no EIP.

Quadro 10 – Fases da implantação

Fase	Elementos	Descrição/Caracterização	Autores
Estágio 1	Atores Chaves	Sociedade civil, clientes das empresas participantes, colaboradores, associações de comércio, investidores, firmas locais, gestor de implementação, representantes políticos.	Hein et al.; Martina Scafà, Marco Marconi e Michele German; Ribeiro et al.; Liu et al.;
	Governança	Poder público: Influência governo em política regional e questões de planejamento relacionado ao EIPdesenvolvimento	Zhao et al.; Ignatio Madanhire, Peter Muganyi e Charles Mbohwa
	Instrumentos Político-Legais	Leis, decretos e regulamentações locais	

	Técnicas e Tecnologias	Especificação de projetos técnicos necessários para a aplicação do parque industrial, práticas de gestão industrial.	Liu et al.; Belaud et al.; Haoran Zhao, Sem Guo e Huiru Zhao
	Conjunto Informacional	Especificar quais recursos (água, energia, resíduo, subproduto, matéria-prima) que potencialmente possam ser trocados, necessidade de mão-de-obra especializada, disponibilidade de área	Zhao et al.; Sudhakar Yedla e Hung-Suck Park
Estágio 2	<i>Matching</i>	Combinação de trocas simbióticas entre as organizações que compõem o parque eco-industrial por meio da correlação de <i>outputs</i> e <i>inputs</i> de cada empresa. Apontamento de todas as possibilidades possíveis.	Zhao et al.; Boix et al.; Raffaella Taddeo
	Requisitos de Engenharia	Estabelecimento de infraestrutura física, definição de layout do parque e disposição da empresas, distância geográfica, definição de logística de abastecimento e transporte de recursos simbióticos.	Ignatio Madanhire, Taura i Mupaso e Charles Mbohwa; Haoran Zhao, Sem Guo e Huiru Zhao
	Requisitos de Desempenho	Estabelecimento de requisitos básicos de desempenho ambiental, econômico e social a partir de <i>benchmarks</i>	Liu et al.; Raffaella Taddeo
Estágio 3	Desempenho ambiental	Consumo energético, geração de energia limpa e renovável, consumo de água, tratamento de efluentes, reuso de água, materiais tóxicos e perigosos, flora e fauna local, destinação de resíduos, emissão de gases poluentes	Alejandro et al.; Veleva et al. ; Valenzuela-Venegas et al.; UNIDO; Castiglione e Alfieri
	Desempenho econômico	Desenvolvimento de pequenas e médias empresas locais, promoção de negócios locais, geração de emprego, criação de valor econômico, avaliação de custos e lucratividade das indústrias	Alejandro et al.; Veleva et al.; Valenzuela-Venegas et al.; UNIDO; Castiglione e Alfieri
	Desempenho social	Retenção de empregados, gestão de reclamações, condições adequadas de trabalho, saúde e segurança do trabalhador e moradores da região, diálogo com a comunidade, infraestrutura social	Alejandro et al.; Veleva et al. ; Valenzuela-Venegas et al.; UNIDO; Castiglione e Alfieri

Fonte: Autor (2021)

Primeiramente o estágio 1 engloba o planejamento inicial do desenvolvimento com o levantamento de todos os principais *stakeholders* envolvidos desde a concepção até a efetiva funcionalidade do parque eco-industrial, o estabelecimento de ações compatíveis com o anseio governo nacional, estadual e local na adoção de práticas sustentáveis de produção na região de potencial desenvolvimento, os mecanismos regulatórios vigentes no país, o mapeamento das principais técnicas, conceitos, práticas e tecnologias necessárias para a estruturação estratégica e por fim, o conjunto de informações preliminares para a tomada de decisão de gestores políticos e empresariais (LIU; CÔTÉ, 2017; GENG et al., 2016; HEIN et al., 2015). Cada etapa pode ser descrita como:

- **Atores Chave:** Consiste no levantamento de todas as partes interessadas em um desenvolvimento de EIP, sendo composto por agências governamentais, gestores de parques industriais, diretores empresariais e envolvimento de pesquisadores acerca do tema e a comunidade local. Os atores chave podem apresentar diferentes poderes de influência e decisão, já que os mesmos podem possuir interesses distintos, tornando-se assim fundamental conhecimento de todos (HEIN, 2015; LIU; CÔTÉ, 2017);
- **Governança:** Refere-se ao interesse do poder público na participação efetiva de implantação de um parque eco-industrial em determinada região, a fim de obtenção do desenvolvimento sustentável da região e redução de impactos negativos. Tal elemento se baseia na necessidade de alinhamento das estratégias de desenvolvimento, apoio e engajamento das iniciativas propostas pelos atores chave (LIU; CÔTÉ, 2017; BELAUD et al., 2019);
- **Instrumentos Político-Legais:** Se baseia na análise de todas as leis, regulamentações e mecanismos legais que regem as empresas quanto a adoção de práticas sustentáveis. Apontamento de facilitadores e barreiras que podem interferir no EIP, isto é, quais são as dificuldades que impedem e quais possibilitam a implantação de um EIP (UNIDO, 2017; BELAUD et al., 2019);
- **Técnicas e Tecnologias:** Consiste no levantamento de todo o ferramental necessário para potencial implantação de um EIP, isto é, as principais técnicas, práticas, ferramentas e tecnologias necessárias para adequado planejamento e projeto (HEIN, 2015; LIU; CÔTÉ, 2017; MANDANHIRE; MUPASO; MBOHWA, 2018);
- **Conjunto Informacional:** Trata-se da obtenção das informações técnicas e dados quanto as empresas que desejam participar do EIP, recursos (água, energia, resíduo,

subproduto, matéria-prima) que potencialmente possam ser trocados, investimentos necessários, recursos humanos necessários, infraestrutura, disponibilidade de área (HEIN, 2015).

O estágio 2 configura uma etapa de projeto propriamente dito do EPI, na qual, são definidas as trocas simbióticas entre as empresas através do *matching* (combinação), os requisitos de engenharia para o estabelecimento e alcance dos objetivos individuais e comuns do complexo de empresas, o sistema de gerenciamento ambiental adotado por cada indústria e o estabelecimento de padrões/metras de desempenho ambiental, econômico e ambiental. Cada elemento é descrito conforme a seguir (HEIN et al., 2015; UNIDO, 2017):

- **Matching:** Com a definição das indústrias participantes e de quais resíduos podem ser trocados, o *matching* é realizado a fim de estabelecer as conexões de simbiose industrial entre as organizações. Deve ser levado em consideração a quantidade de resíduos disponíveis entre cada indústria de maneira a realizar as combinações de trocas.
- **Requisitos de engenharia:** Refere-se ao estabelecimento de toda a infraestrutura física, definição de layout, distância geográfica, logística de abastecimento e transporte de recursos simbióticos.
- **Requisitos de desempenho:** Consiste no estabelecimento de padrões de desempenho aceitáveis para cada membro da rede simbiótica diante dos indicadores de avaliação de desempenho ambiental, econômico e social de acordo com a capacidade potencial do EPI e estratégia de redução de impactos negativos adotada.

Após a execução da última etapa do estágio 2, um conjunto de indicadores de avaliação devem ser estabelecidos a fim de controlar e prover informações as partes interessadas quanto ao alcance das metas definidas para o EIP, sustentando assim o apoio governamental, engajamento dos membros do parque e o alcance de contínuo progresso (VAN BEERS *et al.*, 2019). O estágio 3 possui três principais tipos de desempenho conforme são descritas a seguir (UNIDO, 2017):

- **Desempenho ambiental:** Os indicadores ambientais mensuram os impactos positivos ou negativos alcançados pelo EIP, considerando os efeitos globalmente na cadeia de empresas, ou seja, são obtidos resultados coletivos para avaliação do parque eco-industrial;
- **Desempenho econômico:** De maneira semelhante ao anterior, o desempenho econômico reflete a situação atual do EIP por meio do uso de indicadores econômicos

e financeiros que devem ser escolhidos de acordo com as características que apresentam as empresas, a fim de que de fato demonstrem o desempenho.

- **Desempenho social:** Similarmente, o desempenho social é de fundamental avaliação para verificação da adequação aos requisitos de desempenho almejados pelo EIP e, portanto, a correta definição de quais métricas utilizar e a avaliação dos gestores são importantes no alinhamento das estratégias do parque para com a comunidade local.

Alguns estudos discorrem sobre o uso de indicadores ambientais em parques eco-industriais. Os indicadores podem ser aplicados de maneira individual ou até mesmo na avaliação do parque considerando o mesmo como um sistema.

De acordo com Sendra, Gabarrell e Vicent (2007), houve a tentativa de converter uma área industrial da Espanha em um EPI, assim os autores propuseram o uso do MFA para verificar a eficiência da conversão da área industrial e como isso impactaria na região. Enquanto que Geng *et al.*, (2009) demonstram por meio de quatro conjunto de indicadores a mensuração da eco-eficiência dos parques industriais chineses.

O estudo realizado por Kurup e Stehil (2009) mostra a aplicação de um modelo de mensuração dos benefícios da simbiose industrial nas condições ambientais, econômicas e sociais. Para cada condição, os autores estabeleceram um conjunto de indicadores para medir alguns aspectos de cada condição.

A subsequente etapa do modelo de implantação chamada de Período de Operação Crítica (POC), refere-se ao tempo de resposta e adaptação do parque eco-industrial a combinação de condições operacionais de diferentes atores, que podem levar ao surgimento de vulnerabilidades no sistema simbiótico (KUZNETSOVA; ZIO; FAREL, 2016). Assim, a identificação de vulnerabilidades e fraquezas são essenciais para o feedback e indicações de estratégias que minimizem estes riscos.

Diante desse contexto, destaca-se a avaliação de resiliência que consiste em indicadores de avaliam a capacidade de o sistema absorver interrupções e vulnerabilidade (FIKSEL, 2003; VALENZUELA-VENEGAS *et al.*, 2017). Como parte dos objetivos deste estudo, a proposição de tais indicadores será posteriormente abordada em conjunto com os indicadores ambientais, econômicos e sociais.

4.2 Avaliação dos especialistas

A partir da consulta aos especialistas por meio da aplicação do questionário é possível verificar se as respostas entre os mesmos são compatíveis (convergem) ou não (divergem) no

que tange aos elementos propostos no modelo preliminar. O apêndice 1 ao final deste trabalho apresenta o questionário aplicado aos especialistas.

A análise das respostas dadas pelo Secretário Ambiental, Diretor de Desenvolvimento Ambiental e Especialista, se observa que em relação ao estágio 1 da Implantação de Parque Eco Industrial, as respostas convergem em sua maioria. Somente sobre os Instrumentos Político-Legais as respostas divergem, concluindo que existem mais de uma lei que ampara a implantação e especificações do projeto.

No estágio 2, todas as respostas convergem para um mesmo ponto. As respostas do *Matching* levam para a listagem de quais recursos cada empresa estaria disponibilizando. Em requisitos de engenharia é necessário realizar uma análise interna em conjuntura das empresas. Sobre os requisitos de desempenho, apresenta que o município não possui nenhum tipo de requisito especificado.

As respostas do estágio 3 somente uma resposta diverge. O desempenho econômico possui respostas diferentes, porém se pode notar que os três apresentaram indicadores que são relevantes para analisar o desempenho nesse quesito. As outras respostas convergem para uma mesma ideia, por vezes complementando uma a outra.

Considerando que apesar de algumas divergências encontradas, parte das mesmas se referem ao grau com que cada especialista vê a potencial aplicação do modelo. Portanto, considera-se o modelo a priori apto a aderência de aplicação.

No modelo geral os três concluíram que os estágios são suficientes para a implantação de PEI. Quando perguntado sobre quais outros elementos você acha que seriam necessários em um processo de implantação de um PEI em Dourados, o Secretário Ambiental levou em consideração a necessidade de um tempo de planejamento de 5 a 10 anos. O Diretor de Desenvolvimento Ambiental indicou que seria necessário articular com as empresas, porém por enquanto não seria indicado tal discussão nesse momento. O Especialista demonstrou sua consideração em relação ao desenvolvimento da arquitetura e construções sustentáveis.

Para a pergunta de quais elementos seriam desnecessários em um processo de implantação de um PEI Dourados, foi levado em conta do desenvolvimento de um projeto mais simples possível, mesclando algumas etapas. Além de estar fazendo a análise se seria negativo apresentar os requisitos de desempenho para as empresas, em primeiro momento.

4.3 Prova de constructo do modelo

Observando o cenário em que este estudo é aplicado, são consideradas fábricas em consonância em fazer sinergias de energia, água, resíduos e materiais. A síntese da análise traz desafios para as fábricas em iniciar ações minoritárias, como parcerias privadas entre as indústrias iniciais aqui propostas, até a sedimentação dos resultados com minimização de gases poluentes, redução e reutilização de água, redução de energia elétrica e maior refugo de matéria-prima.

A região da Grande Dourados apresenta importância para o estado do Mato Grosso do Sul, onde estão localizadas diversas cidades e indústrias. As indústrias implantadas na região estão caracterizadas em sua maioria pela área agroindustrial, como grãos, corte animal, rações, usinas de açúcar e biocombustíveis.

A região contribuiu para o Produto Interno Bruto (PIB) setor agrícolas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a agroindústria contribuiu com o total de 439,8 bilhões em 2020, sendo 15% do PIB do Brasil.

4.3.1 Atores chave

Neste elemento são considerados todos os potenciais agentes da sociedade que podem ser impactados com a implantação de um parque eco-industrial. Assim, destacam-se os moradores da região da Grande Dourados que poderão ter oportunidades de trabalho, os pesquisadores e alunos das universidades podendo desenvolver estudos científicos no parque eco-industrial.

Ainda, no município se concentram grandes empresas com foco agroindustrial e beneficiamento de insumo. Destacam-se as indústrias frigoríficas, óleos vegetais, biocombustíveis, laticínios e couros. Além dessas indústrias, existem empresas que desenvolvem suas atividades em áreas diversas a de alimentos, como é o caso da indústria de plásticos flexíveis.

4.3.2 Governança

A prefeitura do município e o governo estadual do Mato Grosso do Sul apresentam os interesses do Poder Público para a implantação de EIP em Dourados, de modo que beneficiaria a contribuição para o desenvolvimento da região.

4.3.3 Instrumentos político-legais

As principais considerações legais e instrumentos políticos a serem observadas no que se refere a aplicação do estudo na unidade de análise referida são:

- LEI COMPLEMENTAR Nº 055, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2002. “Dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente do Município de Dourados, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, instituindo o Sistema Municipal de Meio Ambiente, o Fundo Municipal de Meio Ambiente e dá outras providencias”;
- LEI ORGÂNICA DO MUNICIPIO DE DOURADOS, LEI Nº 1067, DE 28 DE DEZEMBRO DE 1979. “Institui o código de posturas do Município de Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul”;
- LEI Nº. 2.641 DE 08 DE JANEIRO DE 2004. “Dispõe sobre a cassação do alvará e da licença de funcionamento de estabelecimentos comerciais, industriais e prestadores de serviços, nos casos que especifica, e dá outras providências”;
- LEI nº 1140 – Estabelece o Perímetro Urbano do Distrito Industrial Integrante ao de Dourados;
- LEI COMPLEMENTAR N.º 72, DE 30 DE DEZEMBRO DE 2003. Plano Diretor do Município de Dourados. “Institui o Plano Diretor de Dourados, cria o Sistema de Planejamento Municipal e dá outras providências”.

4.3.4 Conjunto informacional e *Matching*

Nesse tópico se destaca quais são os resíduos de cada atividade industrial e qual seria a destinação para um receptor em potencial. De modo que cada resíduo seria a matéria-prima de outra indústria. O quadro 12, representa o Conjunto informacional e o *Matching* entre indústrias.

Quadro 11 - Matching entre as empresas

Indústria	Insumo	Resíduos	Receptor potencial
Frigorífica	Animais de abate Água tratada Energia Embalagens	1. Esterco 2. Couro 3. Matérias não-comestíveis 4. Água residuária 5. Gordura animal 6. Recortes plásticos 7. Embalagens	1. Compostagem 2. Couro 3. Nda 4. Estação de Tratamento de Efluentes 5. Biocombustível 6. Plástico 7. Plástico

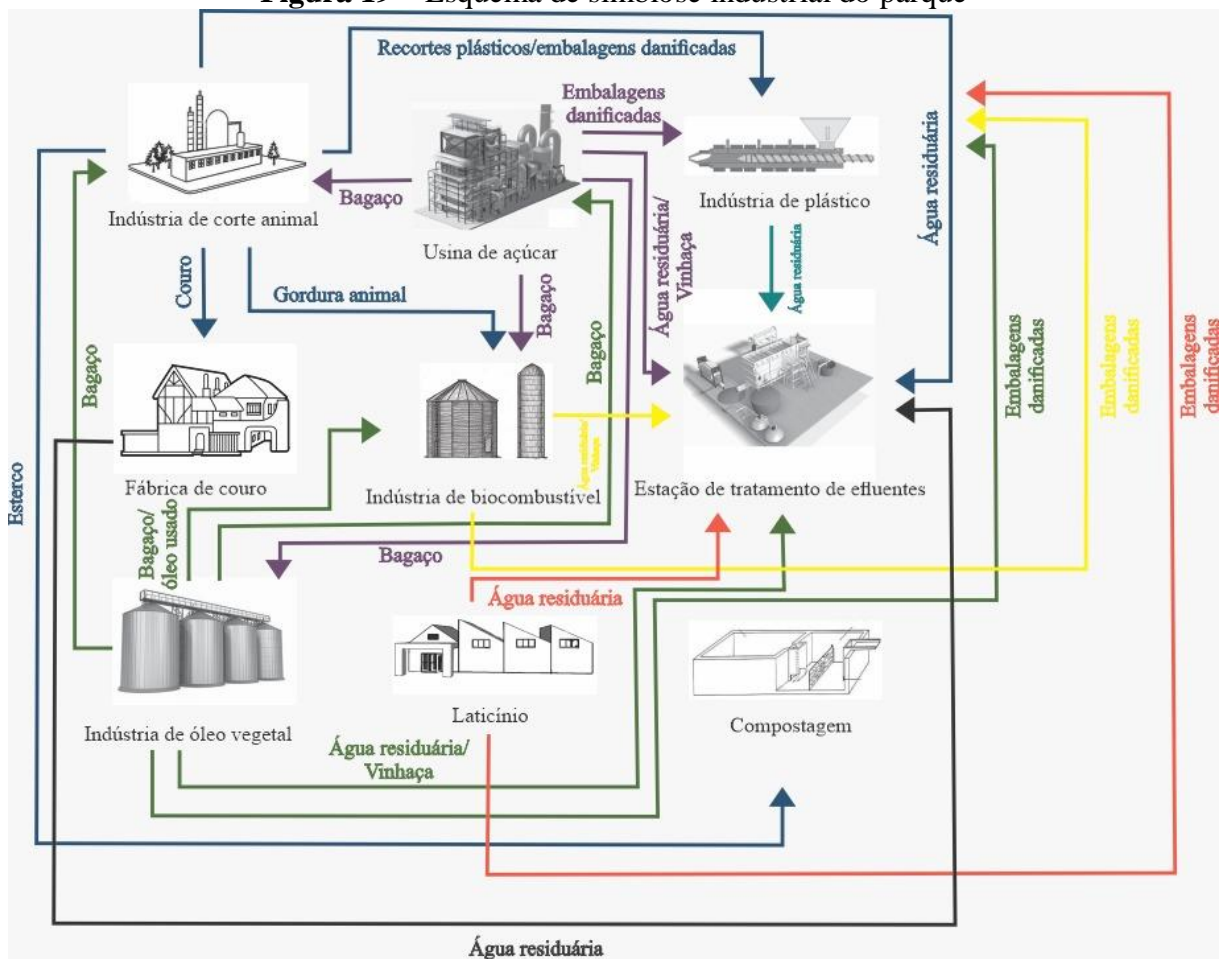
		danificadas	
Usina de açúcar	Cana-de-açúcar Água tratada Energia Embalagens	1. Bagaço 2. Vinhaça 3. Água residuária 4. Embalagens danificadas	1. Reuso em caldeiras. Corte animal. Óleo vegetal. Biocombustível 2. Estação de Tratamento de Efluentes 3. Estação de Tratamento de Efluentes 4. Plástico
Óleo vegetal	Grãos Água tratada Energia Embalagens	1. Bagaço 2. Vinhaça 3. Água residuária 4. Recolhimento de óleo usado 5. Embalagens danificadas	1. Reuso em caldeiras. Corte animal. Usina de açúcar. Biocombustível 2. Estação de Tratamento de Efluentes 3. Estação de Tratamento de Efluentes 4. Biocombustível 5. Plástico
Biocombustível	Óleo vegetal Óleo residual Gordura animal Energia Embalagens	1. Vinhaça 2. Água residuária 3. Embalagens danificadas	1. Estação de Tratamento de Efluentes 2. Estação de Tratamento de Efluentes 3. Plástico
Laticínio	Leite Água tratada Embalagens	1. Água residuária 2. Embalagens danificadas	1. Estação de Tratamento de Efluentes 2. Plástico
Plástico	Resíduos de plástico polimerizado, polietileno, polipropileno (PP), cloreto de polivinil (PVC), poliestireno (PS). Água tratada Colorantes	1. Granulados de plásticos 2. Água residuária	1. Reuso 2. Estação de Tratamento de Efluentes
Couros	Couro	1. Material	1. Nda

	Água tratada	colagênico 2. Água residuária	2. Estação de Tratamento de Efluentes
--	--------------	----------------------------------	---------------------------------------

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A partir do Quadro 12 é possível obter uma melhor visualização do ponto de vista prático de como o parque eco-industrial pode ser configurado na realização da simbiose industrial. A Figura 19 ilustra a representação esquemática do parque.

Figura 19 – Esquema de simbiose industrial do parque



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A Figura 20 ilustra o fluxo da simbiose do parque industrial. A indústria de corte animal apresenta como resíduo a gordura animal, que por sua vez pode ser utilizada na indústria de biocombustível para a fabricação de biodiesel. Outros resíduos são os couros (utilizados na fábrica de couro) e recortes plásticos e embalagens danificadas (indústria de plástico). A água residuária dos processos é enviada para a estação de tratamento de efluentes. O esterco é transportado para a realização da compostagem. Os bagaços da soja e da cana de açúcar são utilizados para a queima das caldeiras, a fim de transformar em energia.

4.3.5 Indicadores ambientais, sociais e econômicos

O Quadro 13 apresenta os indicadores utilizados para a avaliação dos Eco Parques Industriais.

Quadro 12 – Indicadores de avaliação de SI

Condições	Recursos	Indicadores
Benefícios ambientais	Natural	Conservação de recursos
		Fonte de segurança
	Eco-sistema	Contaminação da água
		Emissão de poeira
		Impacto sonoro
Benefícios Sociais	Humano	Produtividade
		Retenção de colaboradores
		Segurança do trabalho
		Compartilhamento de infraestrutura e tecnologia
		Compartilhamento de recursos humanos
		Informações entre empresas
	Comunidade	Percepção da comunidade em benefícios ambientais
		Oportunidades de parcerias na educação para crianças
		Oportunidades para empregados
		Compartilhamento de informações entre indústria e comunidade
		Oportunidade de relações públicas
		Nível de entendimento sobre simbiose industrial entre a comunidade
Benefícios econômicos	Manufatura	Oportunidade de negócios
		Infraestrutura para indústrias
		Infraestrutura para setor público
	Financeiro	Custos de equipamentos
		Custos de matéria-prima virgem
		Custos de licença
		Custo de multas
	Custo de passivos futuros	

Fonte: Autor (2021)

Os indicadores apresentados têm a função de quantificar os resultados, possibilitando a avaliação das atividades e a agilidade no ajuste dos processos. Por meio deles, se controla os

processos do Parque Eco Industrial, maximizando o desempenho, contribuindo para o sucesso da implantação da simbiose entre as empresas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento sustentável está relacionado com questões econômicas, ambientais e sociais, trazendo discussões acerca da realização das atividades industriais. O trabalho realizado propôs desenvolver um modelo de implantação de parques eco-industriais que leve em consideração questões econômicas, ambientais e sociais cujas características se apliquem a um país emergente como o Brasil.

Para tanto, buscou-se na literatura os conceitos para a elaboração dos estágios para implantação de Parque Eco Industrial, de modo a trazer a conhecimento os estágios necessários para a realização desse empreendimento.

Trazendo em consideração os processos agroindustriais que se destacam a região da Grande Dourados, localizada no estado do Mato Grosso do Sul, foi possível realizar a análise da implantação do Parque Eco Industrial. Por meio disso, buscou-se elencar quais indústrias se caracterizariam para ingressar em um parque, bem como quais seriam as trocas energéticas e residuárias entre as mesmas.

Diante do exposto, o cenário de aplicação do estudo contempla algumas limitações como a quantidade de empresas consideradas e região predominantemente composta por agroindústrias. Assim, destaca-se a necessidade de replicação do estudo, apresentando a aplicação do modelo de implantação em outras regiões do país.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, A.; STRACHAN, Peter. Literature review on eco-industrial development initiatives around the world and the methods employed to evaluate their performance/effectiveness. Report for Databuild. The Robert Gordon University, 2006.

ALVES, Salete Martins; OLIVEIRA, João Fernando Gomes de. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental. **Production**, v. 17, n. 1, p. 129-138, 2007.

BAO, S.; TOIVONEN, M. **The specificities and practical applications of Chinese eco-cities**. Journal of Science and Technology Policy Management. Espoo, v. 5, n. 2, p.162 - 176, jan. 2014. Disponível em: <<http://dxdoi.org/10.1108/JSTPM-05-2014-0020>>. Acesso em: 27 maio

2020.

BELAUD, Jean-Pierre et al. A circular economy and industrial ecology toolbox for developing an eco-industrial park: perspectives from French policy. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, n. 5, p. 967-985, 2019.

BOIX, Marianne et al. Benefits analysis of optimal design of eco-industrial parks through life cycle indicators. In: *Computer Aided Chemical Engineering*. Elsevier, 2017. p. 1951-1956.

BRASIL. Lei nº 12.305, 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. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso: 10 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, 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. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso: 10 abr. 2020.

CAMARGO, I. V. Indicadores de sustentabilidade no contexto da Política Nacional Resíduos Sólidos: uma proposta pra Bragança Paulista – SP. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. 2014.216p.

CASTIGLIONE, C.; ALFIERI, A. Supply chain and eco-industrial park concurrent design. *IFAC-PapersOnLine*, v. 52, n. 13, p. 1313-1318, 2019.

CHERTOW, Marian R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual review of energy and the environment**, v. 25, n. 1, p. 313-337, 2000.

CHERTOW, Marian R.; ASHTON, Weslyne S.; ESPINOSA, Juan C. Industrial symbiosis in Puerto Rico: Environmentally related agglomeration economies. **Regional studies**, v. 42, n. 10, p. 1299-1312, 2008.

CHERTOW, Marian R.; LOMBARDI, D. Rachel. Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. 2005.

CHERTOW, Marian; MIYATA, Yuko. Assessing collective firm behavior: Comparing industrial symbiosis with possible alternatives for individual companies in Oahu, HI. **Business Strategy and the Environment**, v. 20, n. 4, p. 266-280, 2011.

COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística

reversa no Brasil. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v.22, n.5, p.889-898, Oct. 2017. Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000500889&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 24 Mai. 2020.

FELICIO, Miriã Camargo. Proposta de um indicador para monitorar a evolução da simbiose industrial em parques eco-industriais segundo a perspectiva de sistemas dinâmicos. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FESTEL, G.; WÜRMSEHER, M. Benchmarking of Industrial park infrastructures in Germany. Benchmarking: An International Journal. Zurich, v. 21, n. 6, p. 854 - 883, jan. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/BIJ-01-2013-0015>>. Acesso em: 27 maio 2020.

FIKSEL, Joseph. Designing resilient, sustainable systems. **Environmental science & technology**, v. 37, n. 23, p. 5330-5339, 2003.

FRANCISCO, Gabriela Amorozo. Prevenção de Resíduos: Um estudo de caso na indústria calçadista brasileira. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GENG, Yong; HENGXIN, Zhao. Industrial park management in the Chinese environment. Journal of Cleaner Production, v. 17, n. 14, p. 1289-1294, 2009.

GOVINDAN, K., SOLEIMANI, H., KANNAN, D. (2015). Reverse Logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future. **European Journal of Operational Research**, 240(3),603-626.

HEIN, Andreas M. et al. A conceptual framework for eco-industrial parks. In: ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2015.

HEIN, Andreas M. et al. A conceptual framework for eco-industrial parks. In: ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2015.

HUANG, Beijia et al. Review of the development of China's Eco-industrial Park standard system. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 137-144, 2019.

KURUP, Biji; STEHLIK, Daniela. Towards a model to assess the sustainability implications of industrial symbiosis in eco-industrial parks. **Progress in Industrial Ecology, an International Journal**, v. 6, n. 2, p. 103-119, 2009.

KUZNETSOVA, E.; ZIO, Enrico; FAREL, Romain. A methodological framework for Eco-Industrial Park design and optimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 126, p. 308-324, 2016.

LIFSET, Reid; GRAEDEL, Thomas E. Industrial ecology: goals and definitions. A handbook of industrial ecology, p. 3-15, 2002.

LINHARES MAIA, Hérica J. et al. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM MARCO NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA. **POLÊMICA**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 1070-1080, fev. 2014. ISSN 1676-0727. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/9636/7570>>. Acesso em: 23 maio 2020

LIU, Changhao; CÔTÉ, Raymond. A framework for integrating ecosystem services into China's circular economy: The case of eco-industrial parks. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1510, 2017.

LIU, Zhe et al. Co-benefits accounting for the implementation of eco-industrial development strategies in the scale of industrial park based on emergy analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1522-1529, 2018.

LOWE, Ernest A. Eco-industrial park handbook for Asian developing countries. Report to Asian Development Bank, 2001.

LYONS, Donald I. A spatial analysis of loop closing among recycling, remanufacturing, and waste treatment firms in Texas. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 1, p. 43-54, 2007.

MACARTHUR, Ellen. Rumo a uma economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição. **Ellen MacArthur Foundation**, 2015.

MADANHIRE, Ignatio; MUGANYI, Peter; MBOHWA, Charles. Turning Industrial Area into an Eco-Industrial Park in South Africa: Case Study. In: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018.

MADANHIRE, Ignatio; MUPASO, Taurai; MBOHWA, Charles. Industrial Area Into Eco-Industrial Park (EIP) Case Study of Harare. In: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018.

NASCIMENTO, Décio Estevão et al. Parque Eco-Industrial: Uma discussão sobre o futuro dos distritos industriais brasileiros. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 1, p. 97, 2006.

NEWELL, J. P.; COUSINS, J. J. The boundaries of urban metabolism: Towards a political–industrial ecology. **Progress in Human Geography**, v. 39, n. 6, p. 702-728, 2015.

PEREIRA, T.C. G. Política Nacional de Resíduos Sólidos: nova regulamentação para um velho problema. **Direito e Justiça**. v.11. n. 17,2011. Disponível em: <http://srvapp2s.urisan,tche.br/seer;index.php/direito_e_justica/article/view/719. Acesso em: 24 de mai.2020.

PUGLIESI, E. Estudo da evolução da composição dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) e dos procedimentos adotados para o gerenciamento integrado no Hospital Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Carlos – SP. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

RIBEIRO, Paulo et al. An integrated approach towards transforming an industrial park into an eco-industrial park: the case of salaise-sablons. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 61, n. 2, p. 195-213, 2018.

SCAFÀ, Martina; MARCONI, Marco; GERMANI, Michele. A critical review of symbiosis models. **Advances in Transdisciplinary Engineering**, 2018.

SENDRA, C.; GABARRELL, X.; VICENT, T. Material flow analysis adapted to an industrial area. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p. 1706 - 1715, 2007.

SOLER, Fabricio Dourado; MACHADO FILHO, José Valverde; LEMOS, Patrícia Faga Iglecias. Acordos setoriais, regulamentos e termos de compromisso. In: JARDIM, Arnaldo et al (Org). Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. São Paulo: Manole, 2012. p. 79 – 101.

TADDEO, Raffaella. Local industrial systems towards the eco-industrial parks: the model of the ecologically equipped industrial areas. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 189-197, 2016.

THODE FILHO, Sergio et al. A Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: desafios para a realidade brasileira. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 19, n. 3, p. 529-538, 2015.

UNIDO; WBG; GIZ. An International Framework for Eco-Industrial Parks; World Bank. License: CC BY 3.0 IGO; World Bank: Washington, DC, USA, 2017.

VALENZUELA-VENEGAS, Guillermo; SALGADO, J. Cristian; DÍAZ-ALVARADO, Felipe A. Sustainability indicators for the assessment of eco-industrial parks: classification and criteria

for selection. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 99-116, 2016.

VAN BEERS, Dick et al. Lessons Learned from the Application of the UNIDO Eco-Industrial Park Toolbox in Viet Nam and Other Countries. **Sustainability**, v. 11, n. 17, p. 4687, 2019.

VELEVA, Vesela et al. Benchmarking eco-industrial park development: the case of Devens. **Benchmarking: An International Journal**, 2016.

YEDLA, Sudhakar; PARK, Hung-Suck. Eco-industrial networking for sustainable development: review of issues and development strategies. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 2, p. 391-402, 2017.

ZHAO, Haoran; GUO, Sen; ZHAO, Huiru. Comprehensive benefit evaluation of eco-industrial parks by employing the best-worst method based on circular economy and sustainability. **Environment, Development and Sustainability**, v. 20, n. 3, p. 1229-1253, 2018.

ZHAO, Haoran; ZHAO, Huiru; GUO, Sen. Evaluating the comprehensive benefit of eco-industrial parks by employing multi-criteria decision making approach for circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2262-2276, 2017.

ZHAO, Haoran; ZHAO, Huiru; GUO, Sen. Evaluating the comprehensive benefit of eco-industrial parks by employing multi-criteria decision making approach for circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2262-2276, 2017.

ZHAO, Yu et al. An emergy ternary diagram approach to evaluate circular economy implementation of eco-industrial parks. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, n. 7, p. 1433-1445, 2019.

APÊNDICE A – Questionário para os especialistas

Questionário

Estágio	Elementos	Descrição do objeto	Pergunta	Tipo de Resposta
Estágio 1	Atores Chave	Sociedade civil, clientes das empresas participantes, colaboradores, associações de comércio, investidores, firmas locais, gestor de implementação, representantes políticos.	Quem são os atores chave para um processo de implantação de Parque Eco-Industrial (PEI) em Dourados ?	Aberta
	Governança	Poder público: Influência do governo em política regional e questões de planejamento relacionado ao desenvolvimento de PEI	Quais são os principais envolvidos do governo local no processo de implantação de PEI em Dourados ?	Aberta
	Instrumentos Político-Legais	Leis, decretos e regulamentações locais	Quais as leis, decretos e regulamentações locais que podem interferir no processo de implantação de um PEI em Dourados ?	Aberta
	Técnicas e Tecnologias	Especificação de projetos técnicos necessários para a aplicação do parque industrial, práticas de gestão industrial.	Quais os projetos técnicos e práticas de gestão no processo de implantação de um PEI em Dourados ?	Aberta
	Conjunto Informacional	Especificar quais recursos (água, energia, resíduo, subproduto, matéria-prima) que potencialmente possam ser trocados, necessidade de mão-de-obra especializada, disponibilidade de área	Quais as informações de recursos que podem ser trocados, necessidade de mão-de-obra especializada, área e estrutura disponível e conjunto de empresas que podem participar de um processo de implantação de PEI em Dourados ?	Aberta
Estágio 2	Matching	Combinação de trocas simbióticas entre as organizações que compõem o parque eco-industrial por meio da correlação de <i>outputs</i> e <i>inputs</i> de cada empresa. Apontamento de todas as possibilidades possíveis.	Quais empresas podem realizar trocas simbióticas em um PEI implantado em Dourados ?	Aberta

	Requisitos de Engenharia	Estabelecimento de infraestrutura física, definição de layout do parque e disposição da empresas, distância geográfica, definição de logística de abastecimento e transporte de recursos simbióticos.	Qual a estrutura física, layout das indústrias, distância entre as empresas, mecanismo de coordenação logística de recursos simbióticos para um PEI em Dourados ?	Aberta
	Requisitos de Desempenho	Estabelecimento de requisitos básicos de desempenho ambiental, econômico e social a partir de <i>benchmarks</i>	Quais e que tipos de critérios de desempenho ambiental, econômico e social são fundamentais para um PEI em Dourados ?	Aberta
Estágio 3	Desempenho Ambiental	Consumo energético, geração de energia limpa e renovável, consumo de água, tratamento de efluentes, reuso de água, materiais tóxicos e perigosos, flora e fauna local, destinação de resíduos, emissão de gases poluentes	Quais indicadores de avaliação de desempenho ambiental seriam relevantes para um PEI em Dourados ?	Aberta
	Desempenho Econômico	Desenvolvimento de pequenas e médias empresas locais, promoção de negócios locais, geração de emprego, criação de valor econômico, avaliação de custos e lucratividade das indústrias	Quais indicadores de avaliação de desempenho econômico seriam relevantes para um PEI em Dourados ?	Aberta
	Desempenho Social	Retenção de empregados, gestão de reclamações, condições adequadas de trabalho, saúde e segurança do trabalhador e moradores da região, diálogo com a comunidade, infraestrutura social	Quais indicadores de avaliação de desempenho sociais seriam relevantes para um PEI em Dourados ?	Aberta
	Período de Operação Crítica	Período de adaptação e início das operações industriais de um PEI	Como poderia ser avaliado e controlado os riscos associados ao início de operacionalização de um PEI ?	Aberta
	Avaliação de Resiliência	Indicadores de avaliação de capacidade do sistema absorver interrupções ou saída de indústrias de um PEI	Como poderia ser avaliada a capacidade do PEI de se manter operante diante de uma interrupção parcial ou total de uma empresa participante ?	Aberta
	Modelo Geral			Você considera as etapas listadas como suficientes para um processo de implantação de um PEI em Dourados ?

	Quais outros elementos você acha que seriam necessários em um processo de implantação de um PEI em Dourados ?	Aberta
	Quais elementos você considera desnecessário em um processo de implantação de um PEI Dourados ?	Aberta

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou lançar luz sobre o desenvolvimento de um modelo conceitual de implantação de parques eco-industriais. Para isso, foi traçada a revisão sistemática da literatura inicialmente como o guia para identificação de quais elementos o modelo precisaria ter considerando os aspectos econômicos, sociais e ambientais conjuntamente.

Por meio da análise da literatura, destaca-se a existência de resultados positivos e casos de sucesso na implantação de parques eco-industriais principalmente na China e alguns países da Europa. Entretanto, quando se fala do Brasil, existe uma carência de trabalhos que contemplem modelos de implantação de parques eco-industriais.

Além disso, a maioria dos trabalhos abordam questões econômicas, ambientais e sociais isoladamente, dificultando assim, uma análise mais aprofundada sobre os impactos que tais parques podem causar a todos os *stakeholders*.

A partir da revisão sistemática da literatura foi possível extrair os principais elementos que um parque eco-industrial deve ter e transformar tais informações em um conjunto de etapas que instruem ambos os poderes público e privado a quais etapas e informações são necessários para uma tomada de decisão quanto a adoção de parques eco-industriais.

Estudos futuros podem ainda contemplar algumas oportunidades de pesquisa encontradas a partir da sistematização, como a utilização de outras metodologias de pesquisa como a Survey, a fim de obter diferentes perspectivas e informações sobre o assunto. Ademais, destaca-se a possibilidade de trabalhos que abordem conjuntamente questões econômicas, sociais e ambientais, indicadores de desempenho em parques eco-industriais, além de outros tipos de parques como o parque industrial de economia circular e parque industrial de baixo carbono.

A Avaliação do Ciclo de Vida também é uma oportunidade de pesquisa futura, considerando a necessidade de uma vez estabelecida as trocas simbióticas entre os membro que

constituem o parque, é fundamental avaliar o comportamento do ciclo de vida dos resíduos que são utilizados continuamente como matéria-prima pelas indústrias.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, A.; STRACHAN, Peter. Literature review on eco-industrial development initiatives around the world and the methods employed to evaluate their performance/effectiveness. Report for Databuild. The Robert Gordon University, 2006.

AGUILAR, Kyle Darryl T. et al. Bi-level fuzzy optimization model of an algae-sugarcane-based Eco-industrial park. **Chemical Engineering Transactions**, v. 61, p. 877-882, 2017.

ALVES, Salete Martins; OLIVEIRA, João Fernando Gomes de. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental. **Production**, v. 17, n. 1, p. 129-138, 2007.

AMUI, Lara Bartocci Liboni et al. Sustainability as a dynamic organizational capability: a systematic review and a future agenda toward a sustainable transition. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 308-322, 2017.

ARIKAN, Emre; ŞİMŞİT-KALENDER, Zeynep Tuğçe; VAYVAY, Özalp. Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 403-412, 2017.

BALANAY, Raquel; HALOG, Anthony. Charting policy directions for mining's sustainability with circular economy. **Recycling**, v. 1, n. 2, p. 219-231, 2016.

BAO, S.; TOIVONEN, M. **The specificities and practical applications of Chinese eco-cities**. Journal of Science and Technology Policy Management. Espoo, v. 5, n. 2, p.162 - 176, jan. 2014. Disponível em: <<http://dxdoi.org/10.1108/JSTPM-05-2014-0020>>. Acesso em: 27 maio 2020.

BASTIDA-RUIZ, E.; FRANCO-GARCÍA, M.L; KREINER, I. **Analysis of indicators to evaluate the industrial parks contribution to sustainable development: Mexican case**. Management Research Review. Atizapan de Zaragoza, v. 36, n.12, p. 1272 - 1290, jan. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/MRR-06-2013-0145>>. Acesso em: 27 maio 2020.

BELAUD, Jean-Pierre et al. A circular economy and industrial ecology toolbox for developing an eco-industrial park: perspectives from French policy. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, n. 5, p. 967-985, 2019.

BOCKEN, N. M P. et al. Product design and business model strategies for a circular economy. **Journal of Industrial and Production Engineering**. V. 33, n. 5, p. 308-320, 3 jul. 2016.

BOIX, Marianne et al. Benefits analysis of optimal design of eco-industrial parks through life cycle indicators. In: **Computer Aided Chemical Engineering**. Elsevier, 2017. p. 1951-1956.

BOIX, Marianne et al. Optimization methods applied to the design of eco-industrial parks: a literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 303-317, 2015.

BOONS, Frank; SPEKKINK, Wouter; MOUZAKITIS, Yannis. The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 9-10, p. 905-911, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.305, 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. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso: 10 abr. 2020.

CAMARGO, I. V. Indicadores de sustentabilidade no contexto da Política Nacional Resíduos Sólidos: uma proposta pra Bragança Paulista – SP. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. 2014.216p.

CASTIGLIONE, C.; ALFIERI, A. Supply chain and eco-industrial park concurrent design. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 1313-1318, 2019.

CEGLIA, Domenico; DE ABREU, Mônica Cavalcanti Sá; DA SILVA FILHO, José Carlos Lázaro. Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: Social barriers to be overcome. **Journal of environmental management**, v. 187, p. 375-383, 2017.

CHERTOW, Marian R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual review of energy and the environment**, v. 25, n. 1, p. 313-337, 2000.

CHERTOW, Marian R. The eco-industrial park model reconsidered. **Journal of Industrial Ecology**, v. 2, n. 3, p. 8-10, 1998.

CHERTOW, Marian R.; ASHTON, Weslyne S.; ESPINOSA, Juan C. Industrial symbiosis in Puerto Rico: Environmentally related agglomeration economies. **Regional studies**, v. 42, n. 10,

p. 1299-1312, 2008.

CHERTOW, Marian R.; LOMBARDI, D. Rachel. Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. 2005.

CHERTOW, Marian; ASHTON, Weslyne; KUPPALLI, Radha. The industrial symbiosis research symposium at Yale: advancing the study of industry and environment. 2004.

CHERTOW, Marian; MIYATA, Yuko. Assessing collective firm behavior: Comparing industrial symbiosis with possible alternatives for individual companies in Oahu, HI. **Business Strategy and the Environment**, v. 20, n. 4, p. 266-280, 2011.

COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v.22, n.5, p.889-898, Oct. 2017. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000500889&lng=en&nrm=iso. Acesso em 24 Mai. 2020.

ELMASSAH, Suzanna. Industrial symbiosis within eco-industrial parks: Sustainable development for Borg El-Arab in Egypt. **Business Strategy and the Environment**, v. 27, n. 7, p. 884-892, 2018.

ERKMAN, Suren. Industrial ecology: an historical view. **Journal of cleaner production**, v. 5, n. 1-2, p. 1-10, 1997.

FAN, Yupeng et al. Emergy analysis on industrial symbiosis of an industrial park—A case study of Hefei economic and technological development area. **Journal of cleaner production**, v. 141, p. 791-798, 2017.

FAN, Yupeng et al. Study on eco-efficiency of industrial parks in China based on data envelopment analysis. **Journal of environmental management**, v. 192, p. 107-115, 2017.

FELICIO, Miriã Camargo. Proposta de um indicador para monitorar a evolução da simbiose industrial em parques eco-industriais segundo a perspectiva de sistemas dinâmicos. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FELICIO, Miriã et al. Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 118, p. 54-64, 2016.

FERREIRA, Marco A. et al. Lean and Green: practices, paradigms and future prospects. **Benchmarking: An International Journal**, 2019.

FESTEL, G.; WÜRMSEHER, M. Benchmarking of Industrial park infrastructures in Germany. *Benchmarking: An International Journal*. Zurich, v. 21, n. 6, p. 854 - 883, jan. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/BIJ-01-2013-0015>>. Acesso em: 27 maio 2020.

FIKSEL, Joseph. Designing resilient, sustainable systems. ***Environmental science & technology***, v. 37, n. 23, p. 5330-5339, 2003.

FRANCISCO, Gabriela Amorozo. Prevenção de Resíduos: Um estudo de caso na indústria calçadista brasileira. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FROSCHE, Robert A. "Industrial ecology: a philosophical introduction". *Proceeding of the National Academy of Science*, 89: 800-803, 1992.

FUJII, Minoru et al. Smart recycling of organic solid wastes in an environmentally sustainable society. ***Resources, Conservation and Recycling***, v. 63, p. 1-8, 2012.

GENC, Olcay et al. A socio-ecological approach to improve industrial zones towards eco-industrial parks. ***Journal of environmental management***, v. 250, p. 109507, 2019.

GENG, Yong; DOBERSTEIN, Brent. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. ***The International Journal of Sustainable Development & World Ecology***, v. 15, n. 3, p. 231-239, 2008.

GENG, Yong; HENGXIN, Zhao. Industrial park management in the Chinese environment. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, n. 14, p. 1289-1294, 2009.

GÓMEZ, Alejandro M. Martín; GONZÁLEZ, Francisco Aguayo; BÁRCENA, Mariano Marcos. Smart eco-industrial parks: A circular economy implementation based on industrial metabolism. ***Resources, conservation and recycling***, v. 135, p. 58-69, 2018.

GOVINDAN, K., SOLEIMANI, H., KANNAN, D. (2015). Reverse Logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future. ***European Journal of Operational Research***, 240(3),603-626.

GUIMARÃES, Paula Salomão. Práticas de green supply chain management em eco-industrial parks: contribuição de uma revisão bibliográfica sistemática e de estudos de caso. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

HEIN, Andreas M. et al. A conceptual framework for eco-industrial parks. In: ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2015.

HEIN, Andreas M. et al. A data-and knowledge-driven methodology for generating eco-industrial park architectures. In: ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2016.

HOMRICH, Aline Sacchi et al. The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 525-543, 2018.

HUANG, Beijia et al. Review of the development of China's Eco-industrial Park standard system. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 137-144, 2019.

INOUE, C. Y.; MACHADO, T. M.; RIBEIRO, L. Sustainable consumption and production patterns: solid waste and governance challenge from local to global/Padrões sustentáveis de produção e consumo: resíduos sólidos e os desafios de governança do global ao local. **Meridiano 47**, v. 17, 2016.

ISENMANN, Ralf. Industrial ecology: shedding more light on its perspective of understanding nature as model. **Sustainable Development**, v. 11, n. 3, p. 143-158, 2003. BILITEWSKI, Bernd. The circular economy and its risks. **Waste management**, v. 1, n. 32, p. 1-2, 2012.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta. Environmental training in organisations: From a literature review to a framework for future research. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 144-155, 2013.

JAMBECK, Jenna R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768-771, 2015.

JUNIOR, Muris Lage; GODINHO FILHO, Moacir. Variations of the kanban system: Literature review and classification. **International Journal of Production Economics**, v. 125, n. 1, p. 13-21, 2010.

KASTNER, Catharine A.; LAU, Raymond; KRAFT, Markus. Quantitative tools for cultivating symbiosis in industrial parks; a literature review. **Applied Energy**, v. 155, p. 599-612, 2015.

KESSLER, M. M. Bibliographic coupling between scientific papers. **American Documentation**, v. 14, p. 10-25, 1963.

KIM, Hyeong-Woo et al. The Role of the Eco-Industrial Park (EIP) at the national economy: An input-output analysis on Korea. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 4545, 2018.

KORHONEN, J. **Four ecosystem principles for an industrial ecosystem**. *Journal of Cleaner*

Production. Joensuu, v. 9, p. 253 - 259, jun. 2001. Disponível em: <S0959-6526(00)00058-5>. Acesso em: 27 maio 2020.

KURUP, Biji; STEHLIK, Daniela. Towards a model to assess the sustainability implications of industrial symbiosis in eco-industrial parks. **Progress in Industrial Ecology, an International Journal**, v. 6, n. 2, p. 103-119, 2009.

KUZNETSOVA, E.; ZIO, Enrico; FAREL, Romain. A methodological framework for Eco-Industrial Park design and optimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 126, p. 308-324, 2016.

LAURENT, A. et al. Review of LCA studies of solid waste management systems—Part I: Lessons learned and perspectives. **Waste management**, v. 34, n. 3, p. 573-588, 2014.

LE TELLIER, Mathilde et al. From SCM to eco-industrial park management: Modelling eco-industrial park's symbiosis with the SCOR model. In: **IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems**. Springer, Cham, 2017. p. 467-478.

LE TELLIER, Mathilde et al. Towards sustainable business parks: A literature review and a systemic model. **Journal of cleaner production**, v. 216, p. 129-138, 2019.

LIFSET, Reid; GRAEDEL, Thomas E. Industrial ecology: goals and definitions. A handbook of industrial ecology, p. 3-15, 2002.

LINHARES MAIA, Hérica J. et al. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM MARCO NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA. **POLÊMICA**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 1070-1080, fev. 2014. ISSN 1676-0727. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/9636/7570>>. Acesso em: 23 maio 2020

LIU, Changhao; CÔTÉ, Raymond. A framework for integrating ecosystem services into China's circular economy: The case of eco-industrial parks. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1510, 2017.

LIU, Wei et al. Environmental performance analysis of eco-industrial parks in China: A data envelopment analysis approach. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 6, p. 1070-1081, 2015.

LIU, Zhe et al. A hybrid model of LCA and emergy for co-benefits assessment associated with waste and by-product reutilization. **Journal of Cleaner Production**, v. 236, p. 117670, 2019.

LIU, Zhe et al. Co-benefits accounting for the implementation of eco-industrial development

strategies in the scale of industrial park based on emergy analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1522-1529, 2018.

LOWE, Ernest A. Eco-industrial park handbook for Asian developing countries. Report to Asian Development Bank, 2001.

LUIZ, Joao Victor Rojas et al. Ecodesign field of research throughout the world: mapping the territory by using an evolutionary lens. **Scientometrics**, v. 109, n. 1, p. 241-259, 2016.

LUPO, Toni; CUSUMANO, Massimiliano. Towards more equity concerning quality of Urban Waste Management services in the context of cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 1324-1341, 2018.

LYONS, Donald I. A spatial analysis of loop closing among recycling, remanufacturing, and waste treatment firms in Texas. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 1, p. 43-54, 2007.

MACARTHUR, Ellen. Rumo a uma economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição. **Ellen MacArthur Foundation**, 2015.

MADANHIRE, Ignatio; MUGANYI, Peter; MBOHWA, Charles. Turning Industrial Area into an Eco-Industrial Park in South Africa: Case Study. In: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018.

MANTESE, Gabriel Couto; AMARAL, Daniel Capaldo. Comparison of industrial symbiosis indicators through agent-based modeling. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1652-1671, 2017.

MASSARD, Guillaume; LEUENBERGER, Heinz; DONG, Tran Duy. Standards requirements and a roadmap for developing eco-industrial parks in Vietnam. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 80-91, 2018.

MATHEWS, John A.; TAN, Hao; HU, Mei-Chih. Moving to a circular economy in China: transforming industrial parks into eco-industrial parks. **California Management Review**, v. 60, n. 3, p. 157-181, 2018.

NASCIMENTO, Décio Estevão et al. Parque Eco-Industrial: Uma discussão sobre o futuro dos distritos industriais brasileiros. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 1, p. 97, 2006.

NEWELL, J. P.; COUSINS, J. J. The boundaries of urban metabolism: Towards a political-industrial ecology. **Progress in Human Geography**, v. 39, n. 6, p. 702-728, 2015.

PARK, Jooyoung; PARK, Jun-Mo; PARK, Hung-Suck. Scaling-up of industrial symbiosis in the Korean National Eco-Industrial Park Program: Examining its evolution over the 10 years between 2005–2014. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 197-207, 2019.

PARK, Jun Mo; PARK, Joo Young; PARK, Hung-Suck. A review of the National Eco-Industrial Park Development Program in Korea: Progress and achievements in the first phase, 2005–2010. **Journal of cleaner production**, v. 114, p. 33-44, 2016.

PAULIUK, S.; HERTWICH, E. G. Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human societies. **Ecological Economics**, v. 119, p. 83-93, 2015.

PEREIRA, T.C. G. Política Nacional de Resíduos Sólidos: nova regulamentação para um velho problema. **Direito e Justiça**. v.11. n. 17,2011. Disponível em: <http://srvapp2s.urisan,tche.br/seer/index.php/direito_e_justica/article/view/719>. Acesso em: 24 de mai.2020.

PUGLIESI, E. Estudo da evolução da composição dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) e dos procedimentos adotados para o gerenciamento integrado no Hospital Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Carlos – SP. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

QU, Ying et al. Sustainable development of eco-industrial parks in China: effects of managers' environmental awareness on the relationships between practice and performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 328-338, 2015.

RIBEIRO, Paulo et al. An integrated approach towards transforming an industrial park into an eco-industrial park: the case of Salaise-Sablons. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 61, n. 2, p. 195-213, 2018.

SAUVÉ, Sébastien; BERNARD, Sophie; SLOAN, Pamela. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, v. 17, p. 48-56, 2016.

SCAFÀ, Martina; MARCONI, Marco; GERMANI, Michele. A critical review of symbiosis models. **Advances in Transdisciplinary Engineering**, 2018.

SENDRA, C.; GABARRELL, X.; VICENT, T. Material flow analysis adapted to an industrial area. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p. 1706 - 1715, 2007.

SHI, Yao et al. The ecosystem service value as a new eco-efficiency indicator for industrial parks. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 597-605, 2017.

SMALL, H. Cocitation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 24, p. 265–269, 1973.

SOLER, Fabricio Dourado; MACHADO FILHO, José Valverde; LEMOS, Patrícia Faga Iglecias. Acordos setoriais, regulamentos e termos de compromisso. In: JARDIM, Arnaldo et al (Org). Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. São Paulo: Manole, 2012. p. 79 – 101.

SONG, Xiaoqian et al. Social network analysis on industrial symbiosis: A case of Gujiao eco-industrial park. **Journal of Cleaner Production**, v. 193, p. 414-423, 2018.

STUCKI, Jérôme et al. Eco-Industrial Park (EIP) Development in Viet Nam: Results and Key Insights from UNIDO's EIP Project (2014–2019). **Sustainability**, v. 11, n. 17, p. 4667, 2019.

SUSUR, Ebru; HIDALGO, Antonio; CHIARONI, Davide. A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 338-359, 2019.

TADDEO, Raffaella. Local industrial systems towards the eco-industrial parks: the model of the ecologically equipped industrial areas. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 189-197, 2016.

THODE FILHO, Sergio et al. A Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: desafios para a realidade brasileira. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 19, n. 3, p. 529-538, 2015.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

TUDOR, Terry; ADAM, Emma; BATES, Margaret. Drivers and limitations for the successful development and functioning of EIPs (eco-industrial parks): A literature review. **Ecological Economics**, v. 61, n. 2-3, p. 199-207, 2007.

UNIDO; WBG; GIZ. An International Framework for Eco-Industrial Parks; World Bank. License: CC BY 3.0 IGO; World Bank: Washington, DC, USA, 2017.

VALENZUELA-VENEGAS, Guillermo et al. A resilience indicator for Eco-Industrial Parks. **Journal of cleaner production**, v. 174, p. 807-820, 2018.

VALENZUELA-VENEGAS, Guillermo et al. Resilience study applied in eco-industrial Parks. In: **Computer Aided Chemical Engineering**. Elsevier, 2017. p. 1957-1962.

VALENZUELA-VENEGAS, Guillermo; SALGADO, J. Cristian; DÍAZ-ALVARADO, Felipe A. Sustainability indicators for the assessment of eco-industrial parks: classification and criteria for selection. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 99-116, 2016.

VAN BEERS, Dick et al. Lessons Learned from the Application of the UNIDO Eco-Industrial Park Toolbox in Viet Nam and Other Countries. **Sustainability**, v. 11, n. 17, p. 4687, 2019.

VELEVA, Vesela et al. Benchmarking eco-industrial park development: the case of Devens. **Benchmarking: An International Journal**, 2016.

WANG, Yanqiu et al. The evaluation of eco-efficiency of the industrial coupling symbiosis network of the eco-industrial park in oil and gas resource cities. **Energy Science & Engineering**, v. 7, n. 3, p. 899-911, 2019.

WEN, Zongguo; MENG, Xiaoyan. Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District. **Journal of Cleaner Production**, v. 90, p. 211-219, 2015.

YAMSRUAL, Supattra et al. Assessment of local perception on eco-industrial estate performances after 17 years of implementation in thailand. **Environmental Development**, v. 32, p. 100457, 2019.

YEDLA, Sudhakar; PARK, Hung-Suck. Eco-industrial networking for sustainable development: review of issues and development strategies. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 2, p. 391-402, 2017.

YU, Chang; DIJKEMA, Gerard PJ; DE JONG, Martin. What Makes Eco-Transformation of Industrial Parks Take Off in China?. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 3, p. 441-456, 2015.

ZENG, Huixiang et al. Institutional pressures, sustainable supply chain management, and circular economy capability: Empirical evidence from Chinese eco-industrial park firms. **Journal of cleaner production**, v. 155, p. 54-65, 2017.

ZHANG, Chuan et al. A novel methodology for the design of waste heat recovery network in eco-industrial park using techno-economic analysis and multi-objective optimization. **Applied energy**, v. 184, p. 88-102, 2016.

ZHAO, Haoran; GUO, Sen; ZHAO, Huiru. Comprehensive benefit evaluation of eco-industrial parks by employing the best-worst method based on circular economy and sustainability. **Environment, development and sustainability**, v. 20, n. 3, p. 1229-1253, 2018.

ZHAO, Haoran; ZHAO, Huiru; GUO, Sen. Evaluating the comprehensive benefit of eco-industrial parks by employing multi-criteria decision making approach for circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2262-2276, 2017.

ZHAO, Yu et al. An emergy ternary diagram approach to evaluate circular economy implementation of eco-industrial parks. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, n. 7, p. 1433-1445, 2019.

ZHOU, Li et al. An ontology framework towards decentralized information management for eco-industrial parks. **Computers & Chemical Engineering**, v. 118, p. 49-63, 2018.

ZHOU, Yang et al. A method for tenant selection of china's construction industrial parks through industrial symbiosis. In: **THIRTY-THIRD ANNUAL CONFERENCE**. p. 611.

ZURBRÜGG, Christian et al. Determinants of sustainability in solid waste management—The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia. **Waste management**, v. 32, n. 11, p. 2126-2133, 2012.