

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**

ANDRÉ FIGUEIREDO FONSECA RIBEIRO

**PARQUES ECO INDUSTRIAIS:
CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL**

CURITIBA

2023

ANDRÉ FIGUEIREDO FONSECA RIBEIRO

**PARQUES ECO INDUSTRIAIS:
CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL**

**ECO INDUSTRIAL PARKS:
CONSIDERATIONS AND PERSPECTIVES FOR BRAZIL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração Pública da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de mestre. Linha de pesquisa: Atuação do Estado e sua Relação com Mercado e Sociedade

Orientador: Marco Antônio Ferreira.

CURITIBA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



ANDRE FIGUEIREDO FONSECA RIBEIRO

PARQUES ECO INDUSTRIAIS: CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Administração Pública da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Administração Pública.

Data de aprovação: 18 de Dezembro de 2023

Marco Antonio Ferreira, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Daniel Poletto Tesser, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Luan Carlos Santos Silva, Doutorado - Universidade Federal da Grande Dourados (Ufgd)

Dra. Syntia Lemos Cotrim, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 18/12/2023.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, professor Marco Antônio Ferreira por todas as dicas, ajudas, direcionamentos e pela paciência em acompanhar o andamento da dissertação.

Agradeço também aos professores Daniel Poletto Tesser e Syntia Lemos Cotrim pelos apontamentos durante a qualificação desta dissertação as quais foram fundamentais por determinar os rumos da pesquisa.

Agradeço ao meu chefe, professor Edson Fontes, pelo apoio para que eu fizesse o meu mestrado. Agradeço aos meus amigos da DIRPPG Alekson, Denise e Sandra pelo suporte e paciência.

Agradeço aos amigos da turma 2021 do PROFIAP pelo carinho e companheirismo durante todo o mestrado.

Agradeço, especialmente, a minha amada esposa Monica e minhas filhas Lila e Bia por todo o apoio e o amor incondicional durante esse período, inclusive nos momentos mais difíceis. A minha esposa Monica, agradeço também a revisão final do texto.

Finalmente, agradeço a própria UTFPR pela iniciativa em fazer parte de um programa de mestrado com foco nas necessidades de capacitação de seus servidores técnico-administrativos.

“Try not. Do or do not, there is no try.”
(Mestre Yoda em *Star Wars: O Império
Contra-ataca*)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal propor caminhos e diretrizes para a instalação de Parques Eco Industriais levando-se em conta a realidade brasileira. A pesquisa tem como focos principais o design de tais parques, seus principais conceitos e as políticas dos quais fazem parte. Para tanto, por meio de uma revisão sistemática da literatura sobre o tema dos parques Eco industriais, foi possível analisar quais práticas estão mais disseminadas e as que obtêm maiores taxas de sucesso em outros países. A partir dos resultados da revisão sistemática e de uma pesquisa sobre os principais temas relacionados ao assunto, foi possível analisar a importância das políticas que visavam sua implementação e foi detectado no caso sul-coreano, devido às suas características, um exemplo que poderia ser adaptado a nossa realidade. Com a união desses elementos, foi possível propor um conjunto de diretrizes – subdividido nos níveis Macro, Meso e Micro – com o objetivo de nortear o processo de transição dos Parques Industriais tradicionais para Parques Eco Industriais.

Palavras-chave: Parques Eco Industriais; Design; Economia Circular; Simbiose Industrial

ABSTRACT

The main objective of this work is to propose paths and guidelines for the installation of Eco-Industrial Parks, considering the Brazilian reality. The research focuses mainly on the design of such parks, their main concepts, and the policies of which they are part. To this end, through a systematic review of the literature about Eco-industrial parks, it was possible to analyze which practices are more widespread and which have higher success rates in other countries. From the results of the systematic review and research on the main topics related to the subject, it was possible to analyze the importance of the policies aimed at its implementation and it was detected in the South Korean case, due to its characteristics, an example that could be adapted to our reality. With the union of these elements, it was possible to propose a set of guidelines – subdivided into the Macro, Meso and Micro levels – with the objective of guiding the process of transition from traditional Industrial Parks to Eco-Industrial Parks.

Keywords: Eco-Park; Eco-Industrial Park; Circular Economy; Industrial Symbiosis

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Número de Publicações por Ano	41
Gráfico 2 - Origem da produção acadêmica	42
Gráfico 3 - Publicações por periódicos	44
Gráfico 4 - Foco da Discussão	45
Gráfico 5 – Metodologia utilizada nos artigos	47
Gráfico 6 - Setor Analisado	48
Gráfico 7 - Formação dos PEIs	49
Gráfico 8 - Tipos de Fomento PEIs	50
Gráfico 9 - Principais Impactos Positivos	51
Gráfico 10 - Impactos Sustentáveis	53
Gráfico 11 - Impactos Ambientais.....	53
Gráfico 13 - Nível do Estudo.....	56
Gráfico 14 - Foco do Parque Eco Industrial	57
Figura 1 - Economia Linear	12
Figura 2 - Economia Circular.....	13
Figura 3 - Simbiose Industrial em Kalundborg	28
Figura 4 – Etapas da Revisão Sistemática	36
Figura 5 - Síntese dos Principais Resultados.....	59
Figura 6 - Análise SWOT programa coreano	65
Figura 7 - Organização do Modelo Coreano	66
Figura 8 - Processo de Desenvolvimento do Projeto.....	69
Figura 9 - Etapas Macro	76
Figura 10 - Etapas Meso	80
Figura 11 - Parque Eco Industrial de Guangxi Guigang	81

Figura 12 - Quadro Geral das Diretrizes	85
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - nº publicações por país - 2015-22	43
Tabela 2 - Principais Interações.....	52
Tabela 3 - Combinação de Impactos	54
Tabela 4 - Quantidade de Empreendimentos.....	55
Tabela 5 - Combinação de Interações - Foco Parque Eco Industrial.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	Parques Eco Industriais	19
3.2	Aplicação dos Modelos	27
3.3	Modelos de Transição	30
4	METODOLOGIA	35
4.1	Categorias de análise	37
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA	41
5.1	Análise das Categorias de Conteúdo	45
5.1.1	Foco da Discussão	45
5.1.2	Metodologia Utilizada	46
5.1.3	Setor Analisado	47
5.1.4	Formação dos Parques Eco Industriais	49
5.1.5	Tipo de Fomento	50
5.1.6	Principais Impactos	51
5.1.7	Impactos Sustentáveis	52
5.1.8	Quantidade de Empreendimentos	54
5.1.9	Nível do Estudo	56
5.1.10	Foco do Parque Eco Industrial	57
5.2	Síntese dos principais resultados	59
5.3	Aspectos mais abordados	60
5.4	Aspectos pouco explorados	61
5.5	Desdobramentos dos resultados	62
6	MODELO COREANO	64

6.1	Modelo Coreano – Nível Macro	64
6.2	Modelo Coreano – Nível Meso.....	68
6.3	Modelo Sul-Coreano – Nível Micro.....	72
7	DIRETRIZES PARA O BRASIL	74
7.1	Macro	74
7.2	Meso	78
7.3	Micro.....	82
7.4	Quadro Geral.....	84
8	CONCLUSÃO	86
9	BIBLIOGRAFIA.....	89

1 Introdução

O impacto das ações do homem no desequilíbrio do meio-ambiente torna-se cada vez mais claro. Desta forma, é evidente a necessidade de se levar em conta os fatores ambientais na condução das políticas econômicas. (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). Conforme tais impactos e a degradação ambiental vão se tornando cada vez menos aceitos pela sociedade – e seus efeitos mais visíveis – uma mudança se faz necessária. Empresas e países que tomarem a dianteira nesse movimento, certamente serão mais capazes de lidar com esses novos desafios (GENG; SARKIS; ULGIATI, 2016).

Este novo movimento contrasta com nossa visão econômica predominante onde uma lógica linear se impõe. A adoção de tal modelo linear – representado na **Figura 1** – teve seu início ainda durante a revolução industrial (no século XVIII) com as inovações científicas e tecnológicas exploratórias que ignoravam os limites do meio-ambiente e os danos de longo prazo que estavam causando à sociedade (PRIETO-SANDOVAL; JACA; ORMAZABAL, 2018). Este modelo está centrado naquilo que NESS (2008) nomeia como “fluxo linear”: extração de recursos, produção, consumo e descarte. Devido a essa característica, aliada a uma busca constante pelo crescimento econômico, esse modelo apresenta uma demanda sempre crescente de recursos, o que o torna insustentável no longo prazo (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

Figura 1 - Economia Linear

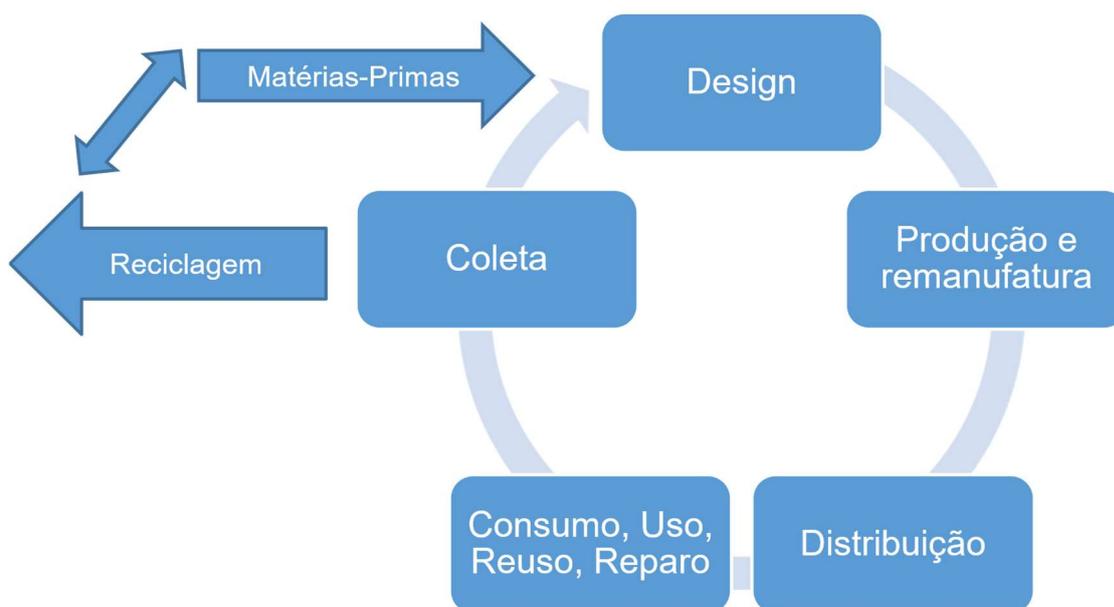


Fonte: Adaptado de Ness, 2008.

Em outras palavras, segue-se o padrão pelo qual se extraem os recursos naturais do planeta, fabricam-se os produtos na maior quantidade possível – e com o menor ciclo de vida para que exista uma demanda constante – e em seguida eles são jogados fora (GENG; SARKIS; ULGIATI, 2016). Desta forma, faz-se necessário operar uma mudança neste modelo e substituir essa perspectiva linear por uma que possa garantir um futuro mais sustentável.

A Economia Circular (ilustrada na **Figura 2**), ao buscar uma mudança do sistema econômico tradicional, linear e aberto para um sistema econômico circular, com padrões de produção de “ciclo fechado”, se torna um dos caminhos possíveis (LE TELLIER *et al.*, 2019). Tal caminho já vem sendo traçado e tem na China e União Europeia seus principais expoentes (MCDOWAL *et al.* 2017). Os conceitos que norteiam as ações da Economia Circular são relativamente simples e abrangem ações voltadas a um maior aproveitamento (ou reaproveitamento) dos recursos disponíveis, mas vêm sendo implantados com formas e objetivos distintos nesses dois lugares: enquanto a União Europeia enxerga nela uma forma de buscar uma maior competitividade das empresas, a China busca formas de aliar o desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente e declínio da poluição (MCDOWALL *et al.*, 2017).

Figura 2 - Economia Circular



Fonte: Adaptado de Pietro-Sandoval; Jaca; Ormazabal, 2018

A Economia Circular abrange vários aspectos em diversos níveis que podem seguir desde uma modificação em processo isolado (nível micro) até uma mudança importante no ordenamento jurídico que obrigue a uma adaptação nos processos de produção das empresas (nível macro) (AL-QURADAGHI; ZHENG; ELKAMEL, 2020). Pensando nesta divisão, ainda que o nível “meso” seja o mais presente no tema dos Parques Eco Industriais, o trabalho foi organizado de forma a contemplar todos eles e subdividir os resultados das pesquisas aqui compiladas obedecendo a esta mesma divisão.

Importante ressaltar que, após uma busca nas bases internacionais SCOPUS®, Web of Science® e na nacional SCIELO®, inclusive empregando termos bastante abrangentes (tais como “*eco-park*”, “*circular economy*” ou “*industrial symbioses*”) e sem impor recortes temporais ou outros tipos de filtros – o que geram dezenas de milhares de resultados no caso das bases internacionais – torna-se bastante evidente a pequena participação brasileira neste tema de pesquisa. Quando é considerada apenas a busca pelos termos “*eco-industrial park*” and “*design*”, a qual faz parte de um dos objetivos centrais do presente trabalho, e não tendo sido encontrado um único resultado de trabalhos envolvendo exemplos nacionais nas diversas bases de dados consultadas, torna-se clara a pertinência da pesquisa e o importante caminho a percorrer, dada a relevância do tema na atualidade.

Como se pode observar, esse tema deve ganhar cada vez mais espaço no presente e futuro, pois não se trata de uma simples questão de moda ou tendência, mas de uma necessidade. O modelo atual simplesmente não é viável no longo prazo e precisa ser revisto, pois sua manutenção poderia levar – entre outros possíveis efeitos negativos e irreversíveis – a uma exaustão de nossos recursos naturais (LE TELLIER *et al.*, 2019). Seja para buscar uma maior competitividade na produção industrial, como no caso europeu (MCDOWALL *et al.*, 2017) ou como forma de assegurar o crescimento econômico sem se tornar um inimigo do meio-ambiente, como no caso da China (GENG; SARKIS; ULGIATI, 2016), a mudança precisa ocorrer (ou ser retomada) o quanto antes no Brasil para que ele não corra o risco de, mais uma vez, ficar para trás.

Nesse sentido, ainda que pareça paradoxal, o Brasil tem uma oportunidade importante embutida nesse atraso: existem diversas experiências e modelos sendo

implementados e testados ao redor do mundo e podemos, na medida do possível, aprender com os seus erros e acertos. Obviamente, as realidades em termos econômicos, sociais, políticos e até mesmo culturais são distintas e não se pode simplesmente selecionar e copiar um exemplo de sucesso sob o risco de ele não funcionar corretamente no Brasil. Desta forma, o ideal seria buscar nesses exemplos e pesquisas realizadas diretrizes que possam nortear o processo de transição e a implementação de futuros Parques Eco Industriais no Brasil. Neste processo, não se pode deixar de levar em conta as diversas características econômicas, sociais e ambientais que fazem do Brasil um país único.

Ainda que o Brasil não possa ser diretamente comparado com outros países onde a Economia Circular (EC) e os Parques Eco industriais (PEI) se encontram mais desenvolvidos, é possível buscar – especialmente em países em desenvolvimento – por exemplos, modelos e diretrizes para auxiliar em tal tarefa. Quando estas questões são consideradas, a China – com seus mais de 30 anos de experiência nesses campos – se mostra uma grande fonte de informações (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). No entanto, há exemplos presentes entre outros membros dos BRICS e, especialmente, na Coreia do Sul que possuem grande potencial para servir de exemplo e inspiração para as diretrizes perseguidas pelo presente trabalho.

No Brasil, algumas iniciativas nesse sentido já vinham ocorrendo desde o início dos anos 2000, mas acabaram abandonadas. Um dos casos é a instalação de quatro desses parques na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RJMA). No entanto, apenas um desses parques seria realmente um espaço projetado especificamente para essa finalidade (Paracambi). Os outros três seriam uma adaptação de áreas industriais já em funcionamento – Santa Cruz, Campos Elísios e Fazenda Botafogo (ELABRAS VEIGA; MAGRINI, 2010).

Conforme exposto no trabalho de VEIGA e MAGRINI (2009), o fator político é algo que não pode ser desprezado no contexto brasileiro. A não ser que o incentivo a esse tipo de empreendimento se torne uma política de Estado – como é o caso da China e União Europeia (MCDOWALL et al 2017) – seria necessário priorizar modelos de implantação ou de conversão de áreas pré-existentes que fossem executáveis dentro de um único ciclo eleitoral ou que pudessem ser divididos em etapas. Além disso, seria necessário considerar a criação de mecanismos para garantir que o poder

público não abandone tais iniciativas. É justamente pensando nesses aspectos que este trabalho buscará – através de uma pesquisa abordando as bases conceituais, o design dos Parques Eco Industriais e suas políticas de implementação – reunir elementos que possam ajudar a atingir esse objetivo.

Na próxima seção serão apresentados os objetivos gerais e específicos. Em seguida, no referencial teórico serão abordados os principais conceitos relativos ao tema dos Parques Eco Industriais, a aplicação do modelo clássico de Parque Eco Industrial (Kalundborg) e os modelos de transição utilizados pela China, União Europeia e Coreia do Sul. Na seção seguinte, será apresentada a metodologia adotada na condução da pesquisa e, em seguida, os resultados obtidos na revisão sistemática que deram embasamento, entre outras coisas, para as diretrizes propostas. Dando sequência ao trabalho – sempre obedecendo à divisão entre os níveis Macro, Meso e Micro – será apresentado, em maiores detalhes, o modelo adotado pela Coreia do Sul. Finalmente, unindo esses elementos, apresentar-se-ão as propostas de diretrizes.

2 Objetivos gerais e específicos

O presente trabalho tem como objetivo geral a elaboração de uma proposta de diretrizes para a implementação de Parques Eco Industriais no Brasil tendo como base a literatura sobre o assunto e que leve em conta os aspectos políticos, econômicos, espaciais, sociais e legais.

A fim de atingir tal resultado, alguns objetivos específicos:

- Realizar uma Revisão Sistemática visando mapear as publicações sobre o tema dos parques Eco industriais;
- Descrever o design e principais conceitos ligados aos Parques Eco Industriais;
- Descrever os modelos de transição adotados pelos países para promover os conceitos ligados a Simbiose Industrial;
- Verificar as práticas mais disseminadas e as que obtêm maiores taxas de sucesso;
- Verificar aspectos negligenciados e que poderiam ser incorporados / testados ou que possam ser lacunas de pesquisa.

3 Referencial teórico

Um dos principais objetivos do presente trabalho é apresentar uma proposta de diretrizes para a instalação e fomento de Parques Eco Industriais no Brasil. Neste sentido, o conceito de Parques é um dos mais relevantes neste estudo. No entanto, é importante mencionar que tais iniciativas não são estanques (ou um fim nelas mesmas) e estão inseridas em conceitos mais amplos e abrangentes. De certa forma, os Parques Eco Industriais podem ser entendidos como uma aplicação, expressão ou mesmo um resultado prático da chamada “Simbiose Industrial” (ZHANG *et al.*, 2016). Este conceito, por sua vez, estaria também inserido em algo mais extenso denominado “Ecologia Industrial”.

ERKMAN (1997) mostra uma questão interessante ao apresentar o assunto, pois o termo “Ecologia Industrial” realmente parece uma contradição. No entanto, como o próprio autor apresenta em seguida, um sistema industrial pode ser descrito como um tipo de ecossistema, pois, assim como ocorre na natureza, tais sistemas também possuem fluxos de materiais, energias e informações (BEHERA *et al.*, 2012). Ele vai além ao afirmar que os sistemas industriais dependem dos recursos e serviços provenientes da biosfera. Portanto, não poderiam ser dissociados do ambiente (ERKMAN, 2001). CHERTOW (2000) caminha na mesma direção ao afirmar que o conceito da Ecologia Industrial não pode ser considerado de forma isolada ao ambiente.

CÔTÉ e COHEN-ROSENTHAL (1998) acrescentam outros pontos significativos à discussão ao afirmar que a indústria é essencialmente uma construção humana. Uma vez que os seres humanos são criaturas sociais, eles argumentam que seria necessário buscar uma abordagem que – além do ambiente – também levasse em conta perspectivas sociais e interesses da comunidade (BALDWIN, 2008). Em outras palavras, eles acrescentam o componente social.

Apesar da enorme importância do componente social, talvez a contribuição mais interessante seja a comparação entre os sistemas ecológicos e os industriais tradicionais: enquanto na natureza o que mantém a integridade e estabilidade de um ecossistema é – em grande medida – a interação e interdependência entre os organismos, nos sistemas industriais o que se observa é justamente o oposto (CÔTÉ; COHEN-ROSENTHAL, 1998). Ou seja, buscam a independência e a competitividade

em relação a outros empreendimentos. No entanto, as empresas estão inseridas em cadeias ou teias de fornecedores e clientes, semelhantes às aquelas cadeias e teias que ocorrem em ecossistemas naturais. Além disso, dependem do mesmo ambiente para a obtenção de energia e recursos naturais (ERKMAN, 1997).

LOWE (1997), no entanto, faz uma ressalva ao afirmar que essa abordagem bastante voltada aos ecossistemas industriais contempla apenas um aspecto da Ecologia Industrial. A Ecologia Industrial seria um campo bem mais amplo que permite que diversos *Stakeholders* vejam o sistema que compartilham como um todo e planejem ações que proporcionem uma maior integração com os sistemas naturais (LOWE, 1997). Tais ações contemplariam, por exemplo, a busca por um aumento na vida útil dos produtos e uma mudança na estratégia de produção onde a ênfase seria direcionada aos serviços ao invés da produção de novos bens.

Ao analisar o tema sob a ótica desses diversos autores, percebemos o enorme potencial e oportunidades para mudanças presentes no sistema atual, mas também os desafios e dificuldades que tais mudanças enfrentam. Entre os principais obstáculos a serem superados, destacamos a necessidade de uma mudança de cultura no que diz respeito às relações entre as empresas. A concorrência e independência precisam dar lugar à cooperação para que o sistema todo prospere. Neste sentido, é importante lembrar o papel da estabilidade e previsibilidade na manutenção dessas relações, pois a tendência em um momento de dificuldade seria a busca pela autopreservação.

Como pontuam CÔTÉ e COHEN-ROSENTHAL (1998), assim como ocorre na natureza, a cooperação pode ser capaz de fornecer a estabilidade necessária para a manutenção do sistema, mas não se pode deixar de mencionar o papel que o Estado é capaz de desempenhar nesse sentido ao buscar formas de fomentar e manter essas relações, seja através de incentivos fiscais ou via políticas públicas.

3.1 Parques Eco Industriais

Em linhas gerais, os parques eco industriais podem ser definidos como uma comunidade onde empresas prestadoras de serviços e indústrias são instaladas em um mesmo espaço físico ou, mesmo distantes fisicamente, sejam capazes de promover uma interação positiva entre seus diferentes atores. Seus membros buscam

uma melhoria nos resultados econômicos, sociais e ambientais através da cooperação ao lidar com os recursos e desafios ambientais (BALDWIN, 2008). Ou seja, buscam um resultado coletivo superior ao que seria possível quando consideradas como organizações isoladas (VEIGA; MAGRINI, 2009). CHERTOW (2000) traz uma definição bastante semelhante, mas compara as relações encontradas nos Parques Eco Industriais (também apresentada como “Simbiose Industrial”) como sendo, necessariamente, de ordem “mutualística”. Desta forma, se buscaria estabelecer relações em que os resultados sejam positivos para todas as entidades que fazem parte do arranjo (CHERTOW, 2007).

LOWE (1997), por sua vez, define os Parques Eco Industriais como uma comunidade de empresas de manufatura e serviços que visam um melhor desempenho nas áreas econômica e ambiental por meio da colaboração. Tal colaboração alcançaria a gestão de recursos, incluindo energia, água e materiais. De acordo com o autor, seu principal objetivo seria melhorar o desempenho econômico dessas empresas ao mesmo tempo em que minimizaria os impactos ambientais (LOWE, 1997). Assim como outros autores, ele reforça o aspecto da parceria, pois ao trabalhar em conjunto, a comunidade de empresas que formam o parque busca um benefício coletivo superior à soma dos benefícios individuais que cada empresa alcançaria se elas se concentrassem na otimização apenas de seu desempenho individual (BALDWIN, 2008).

Como diferencial em sua definição, destaca-se a incorporação das empresas de serviços como parte dos Parques Eco Industriais (BALDWIN, 2008). Além disso, LOWE apresenta como componentes dessa abordagem as possibilidades de se buscar um projeto inteiramente novo ou uma adaptação de infraestrutura e instalações do parque, prevenção da poluição, eficiência energética e parcerias entre empresas (LOWE, 1997). Através da colaboração, esta comunidade de empresas torna-se o que o autor denomina de “ecossistema industrial”. Dentre os possíveis benefícios deste arranjo, Lowe destaca a redução na utilização de matérias-primas, incremento na eficiência energética – e com isso, a redução do consumo energético (LOWE, 1997). Outros possíveis benefícios desse modelo seriam a redução no volume de resíduos a serem descartados e um incremento na quantidade e tipos de saída de processos com valor de mercado.

Ainda que alguns autores tragam em suas definições e modelos a possibilidade de que os empreendimentos não estejam fisicamente próximos uns dos outros (VEIGA; MAGRINI, 2009), LOWE (1997) acaba dando bastante ênfase acerca das vantagens que tal proximidade física entre as empresas representada nesse tipo de arranjo. O autor pontua, por exemplo, a incapacidade técnica de se transportar vapor por longas distância. Além disso, a redução de custos com transporte ou compartilhamento de infraestrutura somam pontos importantes tanto na redução de custos quanto na diminuição na geração de resíduos (LOWE, 1997). Colocando de outra forma, uma vez que os principais objetivos de um Parque Eco Industrial são a redução do impacto ambiental e a geração de benefícios financeiros aos seus membros, a proximidade física representa uma maneira bastante simples e direta de se chegar a tais resultados (LOWE, 1997). A proximidade física também poder ser responsável pela redução de custos de transportes, facilitar a integração de fluxos de materiais e energéticos, favorecer a criação de empregos em uma determinada região e até mesmo funcionar como um importante fator de ligação – espontânea – entre as empresas (FICHTNER; TIETZE-STÖCKINGER; RENTZ, 2004).

Sob uma perspectiva qualitativa, algumas classificações foram apresentadas para definir os diferentes tipos de parques eco industriais. CHERTOW (2007), por exemplo, traz uma abordagem que leva em consideração sua origem (ou formação) e os divide em dois tipos: o modelo planejado de Parque Eco Industrial (também denominado “*Top-Down*”, pois sua formação ocorre de forma estruturada de cima para baixo) e um auto-organizado de simbiose industrial (*Bottom-Up*). Enquanto no primeiro modelo existe um esforço deliberado e previamente planejado para que a simbiose ocorra (uma prévia seleção de empreendimentos / indústrias, local específico, financiamento governamental, incentivos fiscais dentre outras ações), no segundo tipo a simbiose industrial se desenvolve de forma autônoma e sem a interferência direta do poder público (BALDWIN, 2008).

De acordo com o levantamento realizado pela autora, os parques eco industriais que se enquadram no segundo tipo têm maiores chances de sucesso (CHERTOW, 2007). Isso, no entanto, não chega a ser uma surpresa, pois na prática tais parques já estão em funcionamento e apenas são identificados. Esse, inclusive, seria o caso de Kalundborg na Dinamarca que é amplamente apresentado na literatura como o primeiro exemplo de parque eco industrial em funcionamento. No

entanto, o ponto interessante dessa abordagem é buscar identificar os locais e contextos nos quais essa simbiose já acontece em menor escala e buscar meios para fomentá-la (CHERTOW, 2007). LOWE (1997) caminha em direção semelhante ao defender que uma interferência menor seja preferível e ao estado caberia o papel de promover um ambiente mais propício para que isso ocorra.

Outro ponto importante a ser considerado diz respeito ao local (espaço físico) onde funciona – ou será implantado – o Parque Eco Industrial. LAMBERT e BOONS (2002) trazem o conceito de *Brownfield* para áreas degradadas onde já existem indústrias ou empresas instaladas. Em tais casos, a instalação do parque poderia servir, inclusive, para revitalizar o local. No lado oposto tem-se o que os autores denominam *Greenfields*: espaços novos onde um parque poderá ser construído ou ainda utilizado na expansão de um parque existente (BALDWIN, 2008). De certa forma, essa classificação está ligada à anterior, pois a instalação de um parque em uma nova área demandaria um estudo e planejamento prévio (o que o classificaria, no caso de um parque eco industrial, como *Top-Down*).

Além de tratar a questão do tipo de ocupação do terreno (dividindo-o entre áreas novas denominadas *greenfields* e áreas degradadas chamadas de *brownfields*), os autores ainda propõem um segundo tipo de classificação derivado dela. No caso, sua classificação se baseia tanto nos tipos de empresas / indústrias que fazem parte do complexo industrial, como sua distribuição espacial e geográfica (BALDWIN, 2008). São eles:

- a) **Complexos industriais:** indústrias próximas entre si (fisicamente), com laços estreitos e atividades que envolvem um grande consumo de energia e geração de resíduos. Pode-se dizer que os autores se referem aos complexos industriais clássicos (LAMBERT; BOONS, 2002);
- b) **Parques industriais mistos:** atividades industriais, formadas principalmente por pequenas e médias empresas / indústrias com pouco ou nenhum laço entre si. Por se tratar de indústrias menores, as atividades não envolvem um grande consumo energético ou geração de resíduos (LAMBERT; BOONS, 2002);

- c) **Parques industriais virtuais:** atividades industriais divididas em uma área geográfica maior que incluem uma grande diversidade, mas que possuem uma afinidade entre si (LAMBERT; BOONS, 2002).

CHERTOW (2000), examinando a literatura existente à época e tendo como base um estudo com 18 potenciais parques eco industriais, criou uma classificação (ou taxonomia) para os 5 diferentes tipos de fluxos de materiais encontrados nesses locais. São eles:

- 1) **Tipo 1 – a partir de trocas de resíduos:** Apesar de ser algo bastante comum, pois se enquadrariam nesse tipo todas as empresas ou entidades que trabalham com a reciclagem e podem ter um papel fundamental para lidar com problemas ambientais, a própria autora não considera esse tipo de fluxo como uma simbiose industrial (CHERTOW, 2000).
- 2) **Tipo 2 – fluxos internos (em uma mesma empresa ou organização):** Alguns fluxos de materiais podem ser encontrados dentro de partes ou componentes de uma mesma empresa ou organização. Esse tipo de relação, muitas vezes, pode ser encontrado em grandes grupos onde seus braços acabam operando de forma independente, mas fazem parte de uma mesma operação. Essa, de certa forma, seria uma maneira de uma mesma organização ter o controle de todo o ciclo de vida de um produto (CHERTOW, 2000).
- 3) **Tipo 3 – entre firmas localizadas em um mesmo Parque Industrial:** Nesta classificação, as empresas estariam localizadas dentro do que poderia – tradicionalmente – ser considerado um parque industrial. A grande vantagem desta configuração, além da troca de fluxos de água, energia e materiais, seria a possibilidade de dividir serviços, marketing e até mesmo a burocracia (como licenças e impostos) (CHERTOW, 2000).
- 4) **Tipo 4 – entre empresas locais que não estão localizadas em um mesmo Parque Industrial:** Neste arranjo, os fluxos ocorrem interligando empresas / indústrias que já existem dentro de uma respectiva área. Esse, inclusive, seria o caso Kalundborg – que será apresentado em mais detalhes na próxima seção do trabalho. Nesses casos, ainda que o local não tenha sido planejado como um parque industrial, a proximidade entre

elas permite as trocas materiais, água e fluxos energéticos (CHERTOW, 2000).

- 5) **Tipo 5 – entre empresas organizadas de forma virtual, espalhadas por uma região mais ampla:** devido a uma série de motivos – além dos custos envolvidos – poucas empresas teriam interesse em ocupar um novo espaço apenas para ficar mais próxima (fisicamente) de outras empresas para facilitar o processo de simbiose industrial. No entanto, outros tipos de relações poderiam se formar (ou ser identificadas), pois esse tipo de arranjo pode incluir um número bem maior de empresas (CHERTOW, 2000).

Outro ponto relevante destacado pela autora é que – ao menos naquele momento – os exemplos mostravam que desenvolver relações de simbiose era algo que demandava mais tempo e perseverança do que um planejamento prévio (CHERTOW, 2007). Neste sentido, ela sugere 3 caminhos – denominados “evolucionários” – capazes de auxiliar no processo de formação de novos Parques Eco Industriais (CHERTOW, 2007). Não é difícil compreender a escolha do termo “evolucionário”, pois as abordagens propostas demandam uma situação pré-existente onde algum tipo de simbiose industrial já exista.

Na primeira abordagem, a autora destaca os locais onde já existam algum tipo de trocas de resíduos, materiais, cogeração energética ou ao menos a possibilidade de estabelecer tais trocas. Então, utilizar tais relações iniciais como um ponto de partida sólido para que outras simbioses e parcerias se formem (CHERTOW, 2007). De forma alternativa – no que seria a segunda abordagem – CHERTOW destaca o papel das redes e parcerias pré-existentes entre organizações como motor para que projetos de simbiose industrial sejam implantados (CHERTOW, 2007). Ou seja, ainda que não existam trocas efetivamente ocorrendo, o desejo de se alcançar um objetivo comum poderia servir de ponto de partida para buscar possíveis relações simbióticas.

Finalmente, há o caso da “indústria âncora” que, devido as suas características como grandes consumidores e geradores de resíduos, acaba funcionando como uma grande loja de departamento em um shopping center na medida em que consegue atrair lojas menores que acabam dependendo do fluxo gerado por ela (WANG *et al.*, 2015). Ainda que a autora mencione Kalundborg (que será apresentado em mais detalhes na próxima seção) apenas como exemplo da segunda abordagem, percebe-

se que as 3 situações se faziam presentes. Incluindo, considerar a usina termoelétrica como a “indústria âncora” do Parque Eco Industrial devido ao seu papel central no consumo, geração e distribuição de energia, resíduos e fluxos térmicos.

O que se observa a partir da literatura analisada é o entrelaçamento de algumas ideias e o surgimento de alguns conceitos-chaves que norteiam os estudos na área. Dentre os principais, destaca-se o processo de formação dos PEI, dividido entre aqueles que se formaram de maneira autônoma – através de relações pré-existentes que foram evoluindo com o passar do tempo ao atrair novas parcerias e relações; e os parques eco industriais fruto de um processo deliberado de planejamento (CHERTOW, 2000). O primeiro caso receberá nesse trabalho a denominação *bottom-up* e o segundo, *top-down*.

O local de instalação, distribuição das empresas e tipos de empreendimentos que compõem os Parques Eco Industriais também formam conceitos importantes no presente trabalho. Destacam-se os conceitos de *greenfield* e *brownfield* – onde o primeiro diz respeito à utilização de áreas novas para a instalação de Parques Eco Industriais e o segundo ao reaproveitamento de locais já degradados (LAMBERT; BOONS, 2002). Grande parte dos estudos focam suas análises em casos envolvendo indústrias de maior porte, mas não se pode desconsiderar as possibilidades encontradas quando o setor de prestação de serviços está envolvido (BALDWIN, 2008) ou arranjos formados, majoritariamente, por pequenas e médias indústrias (LAMBERT; BOONS, 2002). Este tipo de arranjo será denominado Parques Mistos.

A distribuição espacial dos empreendimentos que se unem devido aos fluxos de materiais, resíduos, água e energia também merece atenção. Além da distribuição mais tradicional – onde as empresas e indústrias dividem o espaço restrito ao parque industrial – também há outros arranjos. Neste sentido, as relações estabelecidas entre empresas locais (relativamente próximas entre si), mas que não fazem parte de um mesmo Parque Eco Industrial (CHERTOW, 2000) e aquelas que estão espalhadas por uma região mais ampla. Este segundo tipo será denominado Parques Virtuais (LAMBERT; BOONS, 2002). Neste trabalho, optou-se por não diferenciar os dois primeiros tipos, pois, ainda que as empresas não estejam restritas às fronteiras de um mesmo parque, elas se encontram próximas o suficiente para que os fluxos ocorram sem grandes prejuízos econômicos e ambientais (LIU *et al.*, 2016).

Outro conceito bastante importante diz respeito ao empreendimento, entidade ou indústria âncora (CHERTOW, 2000). Esta posição – ainda que sua presença não seja obrigatória em um parque eco industrial – é ocupada pelo empreendimento responsável pela maior quantidade de fluxos energéticos e materiais. Desta forma, ela seria capaz de prover uma maior integração entre os empreendimentos que formam o parque (PARK *et al.*, 2008) e responsável, em grande medida, por determinar a produção das empresas que dela dependem (LIU *et al.*, 2016). Aqui enxerga-se – com mais clareza – um dos fatores limitantes do modelo de Parque Eco Industrial: a mera possibilidade de se aproveitar resíduos, materiais e demais fluxos de energia, por si só, não é suficiente para viabilizar a criação de um Parque Eco Industrial. O volume dos fluxos energéticos precisa ser constante, previsível e em volume suficiente para viabilizar as parcerias (LOWE, 1997).

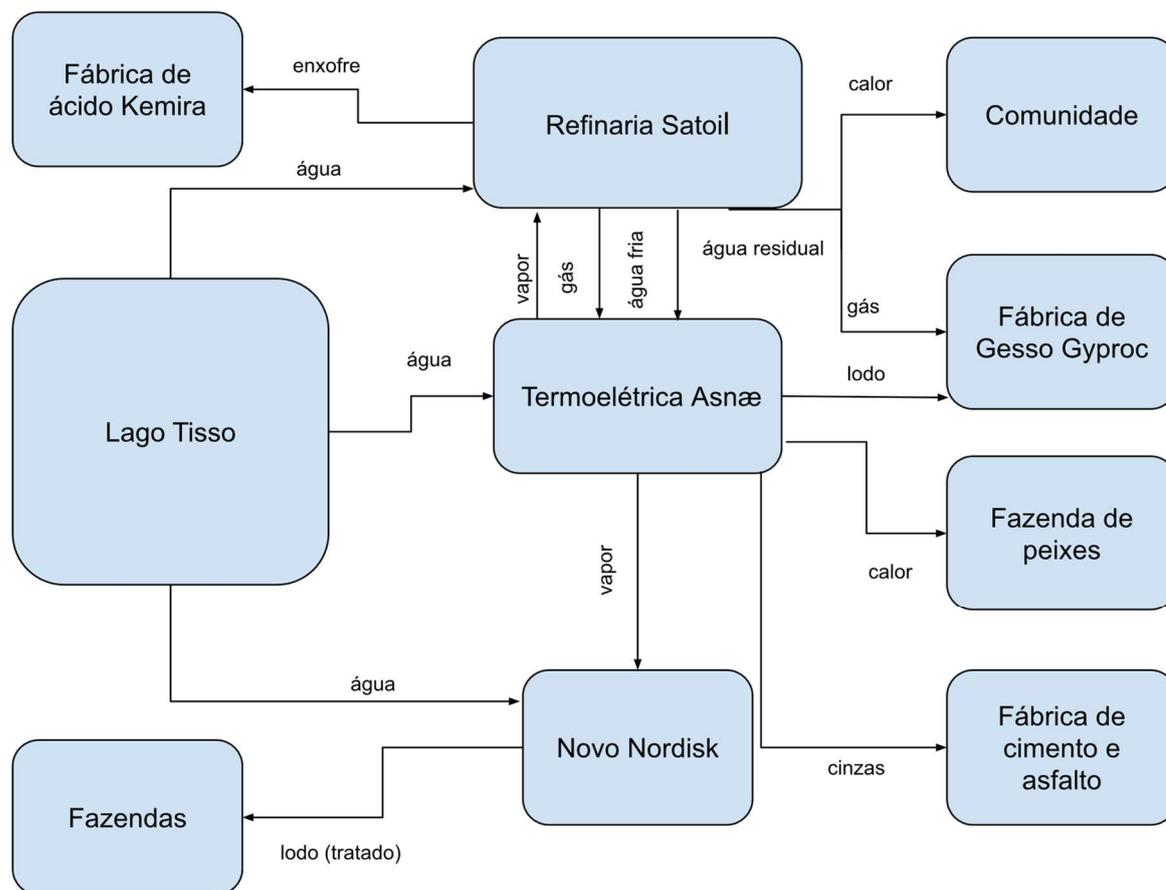
3.2 Aplicação dos Modelos

Ao verificar, do ponto de vista prático, na aplicação dos conceitos de Simbiose Industrial e de Parques Eco Industriais, encontra-se em Kalundborg na Dinamarca, um dos exemplos mais emblemáticos e documentados. Kalundborg, no entanto, pode ser visto tanto como um exemplo ideal de Simbiose Industrial a ser perseguido, como um fenômeno isolado e fruto de uma série de coincidências que dificilmente ocorrerão em outros lugares (JACOBSEN, 2006). Ainda que tal perspectiva possa parecer paradoxal, ela faz sentido ao se considerar que foi apenas no final dos anos 1980 que os próprios participantes se deram conta das relações estabelecidas e benefícios ambientais, econômicos e sociais colhidos. Relações estas que tiveram início ainda na década de 1970 e foram evoluindo ao longo do tempo (CHERTOW, 2000).

Conforme apresentado na **Figura 3**, as relações de simbiose em Kalundborg são bastante amplas e incluem a utilização e compartilhamento de águas subterrâneas, águas superficiais e águas residuais. Além disso, ocorrem trocas de fluxos de vapor, energia elétrica e uma variedade de resíduos entre os cinco principais parceiros presentes no parque (CHERTOW, 2000). Entre as principais empresas e companhias, há uma Usina Elétrica chamada Asnæ (uma termoelétrica movida a carvão capaz de gerar 1300MW), uma refinaria de petróleo e derivados (Statoil S/A), uma indústria farmacêutica e de biotecnologia (Nova Nordisk), uma fábrica de placas de gesso (Gyproc Nordic East) e uma empresa de recuperação de solo chamada Soilrem A/S (JACOBSEN, 2006).

É importante ressaltar que a usina termoelétrica a carvão (Asnæ), inaugurada ainda no final da década de 1960 e que dá início às relações simbióticas presentes em Kalundborg, funciona como ponto central do parque eco industrial (indústria âncora). A usina produz uma grande quantidade de resíduos com alta energia, possui uma longa cadeia de múltiplos estágios que geram calor residual e o maior fluxo de materiais e energia dentre todos os empreendimentos. Desta forma, acaba impulsionando ou restringindo a produção das outras empresas que compõem o Parque Eco Industrial (WANG *et al.*, 2015).

Figura 3 - Simbiose Industrial em Kalundborg



Fonte: Adaptado de Chertow, 2007.

Além de tais relações entre empresas e indústrias, Kalundborg ainda inclui outros participantes menos óbvios como o lago Tissø que fornece água para a refinaria, a usina termoelétrica e a indústria farmacêutica, uma fazenda de peixes e a própria comunidade que se beneficia do fluxos térmicos excedentes para aquecer aproximadamente 5000 residências (VALENZUELA-VENEGAS *et al.*, 2018). Até mesmo as cinzas geradas pela queima do carvão da central termoelétrica são reaproveitadas na fabricação de cimento e asfalto.

Quando os benefícios são considerados, a estimativa na redução do consumo de água devido ao reaproveitamento dos fluxos chega a 25% (CHERTOW, 2000). Além disso, essa configuração ainda proporciona uma redução nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) e dióxido de Enxofre (SO₂); a transformação de resíduos em matéria-prima – como nos casos das fábricas de gesso e de cimento; redução no

uso de carvão, combustível e água; e o reaproveitamento do calor para o aquecimento das residências e na fazenda de peixes (VALENZUELA-VELEGAS *et al.*, 2018).

Algo que se mostra claro no caso de Kalundborg é a grande conjunção de benefícios colhidos, tanto pelas empresas, indústrias e demais parceiros quanto pela comunidade. Benefícios estes que podem ser observados do ponto de vista ambiental e também econômico (WANG *et al.*, 2015). No entanto, analisando o desenvolvimento de Kalundborg, percebe-se que ele não ocorreu de forma rápida ou mesmo deliberada, mas foi uma construção de décadas e foi evoluindo – de forma gradual – a partir de relações bilaterais entre as empresas e demais participantes (HEERES; VERMEULEN; DE WALLE, 2004). Tal situação acaba levando a um ponto que ainda divide pesquisadores e para o qual não existe uma resposta única ou definitiva: qual a melhor forma de promover ou fomentar as relações simbióticas e dar origem a novos parques eco industriais?

Conforme mencionado anteriormente, CHERTOW (2007) propõe um caminho pelo qual as relações deveriam, preferencialmente, ser estabelecidas de forma orgânica e sem uma interferência direta para que ocorram. Nesse sentido, caberia ao Estado um papel mais secundário de regulação e fomento. No entanto, dois países optaram por uma estratégia diferente e vêm obtendo diferentes graus de sucesso: China e Coreia do Sul. Ainda que não seja possível apontar um único caminho adotado pela China, com dezenas de Parques Eco Industriais em funcionamento ou em processo de construção (LI *et al.*, 2017), verifica-se que o país optou por um processo planejado e bastante vertical em sua busca por sustentabilidade. A Coreia do Sul, por sua vez, vem trilhando um caminho igualmente estruturado, mas que apostou em uma abordagem mais aberta que abrange uma maior participação da iniciativa privada e demais *stakeholders* nas tomadas de decisões. O que se busca, no caso coreano é uma estratégia que mescle elementos *Top-Down* e *Bottom-Up* (PARK; PARK; PARK, 2016).

3.3 Modelos de Transição

A busca pela sustentabilidade é uma tarefa complexa e que demanda um compromisso contínuo e de longo prazo (JIAO; BOONS, 2017). Para viabilizar tais mudanças, uma abordagem multinível de planejamento e execução se faz necessária. Ações de nível micro envolvem diretamente processos que visam uma produção mais limpa ou indústrias específicas, enquanto o nível meso lida com clusters de indústrias, Parques Eco Industriais e cadeias de suprimento mais verdes. Já o nível macro – que será visto nesta seção – faz uso das ferramentas dos níveis inferiores dentro de uma política mais ampla (GENG; SARKIS; ULGIATI, 2016). Neste sentido, quando considerado o nível macro, imediatamente vem à tona o papel desempenhado pelo Estado no planejamento, elaboração e execução de políticas públicas.

Nos casos da Europa e China, essa busca pela sustentabilidade ocorreu em torno de uma política mais ampla denominada Economia Circular (MCDOWALL *et al.*, 2017). O conceito, primeiramente, apareceu na Europa durante os anos 1980 e 1990 e em 1996 a Alemanha aprovou uma das primeiras leis, tendo a Economia Circular como foco, com o intuito de reduzir o uso da terra no descarte de resíduos e buscar uma produção mais sustentável (YONG GENG, JOSEPH SARKIS, SERGIO ULGIATI, 2013). Na China, por sua vez, os conceitos da Economia Circular apareceram nos anos 1990 e tiveram sua inspiração em exemplos oriundos da Europa, Estados Unidos e Japão. O foco era a busca por uma produção mais limpa e uma redução dos danos ambientais por, entre outras coisas, a introdução de conceitos como Ecologia Industrial (MCDOWALL *et al.*, 2017).

Apesar de os conceitos terem sido introduzidos na China ainda nos anos 1990, foi apenas em 2002 em que o governo chinês os adotou como uma estratégia de desenvolvimento (MCDOWALL *et al.*, 2017). A adoção realmente oficial – na forma de lei – veio alguns anos depois em 2009 e desde então diversos planos estão sendo traçados e executados. Agências governamentais vêm trabalhando no desenvolvendo de políticas tributárias (incentivos fiscais) que apoiam a recuperação e reuso de recursos em práticas industriais. Além disso, bilhões de dólares foram investidos em projetos-piloto voltados aos princípios da Economia Circular, desde aplicações de técnicas de produção limpa em setores específicos até o desenvolvimento de parques

eco industriais em níveis municipais e regionais (YONG GENG, JOSEPH SARKIS, SERGIO ULGIATI, 2013).

Ainda que o foco do presente trabalho não seja a Economia Circular, é interessante verificar a extensão de suas ações e perceber onde os Parques Eco Industriais se encaixam nessa política. No caso da União Europeia, a primeira iniciativa oficial se deu em 2011 através do plano “*roadmap for a resource efficient Europe*” capitaneada pela Comissão Europeia. Anos depois, em 2015, ela foi substituída pelo plano de ação “*Closing the Loop—An Action Plan for the Circular Economy*” (MCDOWALL *et al.*, 2017). Ao se analisar o documento¹, pode-se identificar as políticas propostas em diversas áreas diferentes:

Produção: incluir as questões de durabilidade, reparabilidade e reciclabilidade no design dos produtos (Eco-Design). Incentivos para uma produção mais limpa: liberação de recursos para pesquisa e desenvolvimento, criação de centros de pesquisa e incentivos para a promoção da Simbiose Industrial (mudanças na legislação para permitir que resíduos de uma indústria sejam utilizados como matéria-prima para a produção de outra).

Consumo: introdução e melhoria do sistema de etiquetagem de produtos relativo a uma gama mais ampla tais como durabilidade, eficiência energética e impacto ambiental durante sua produção. Com isso, facilitando uma escolha mais consciente por parte dos consumidores. Aumento do tempo de garantia dos produtos e incentivo a novos tipos de consumo (incluindo modelos baseados em aluguel, empréstimo ou compartilhamento de produtos).

Gestão de Resíduos: a gestão dos resíduos ocupa uma posição de grande destaque no contexto da Economia Circular. A hierarquia dos resíduos, dentro da União Europeia, determina uma ordem de prioridade para destinação desses resíduos: desde a prevenção (menor geração), passando pela preparação para a reutilização, a reciclagem e a recuperação de energia (transformar o lixo em energia), até a eliminação (deposição em aterro, por exemplo).

Resíduos a recursos (impulsionar o mercado das matérias-primas secundárias e a reutilização da água): os materiais que podem ser reciclados são

¹ Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2015-0614-final>

reinjetados na economia como novas matérias-primas, aumentando assim a segurança do abastecimento. Aqui, os principais fatores limitantes a transpor seriam garantir a qualidade desses resíduos a serem empregados como matérias-primas e facilitar sua circulação entre os países.

Domínios Prioritários: setores que enfrentam desafios específicos no âmbito da economia circular, devido à especificidade dos seus produtos, cadeias de valor, por sua pegada ambiental ou pelo fato de dependerem de materiais provenientes de outros países. São eles: plásticos, desperdício de alimentos, matérias-primas essenciais (em especial, na eletrônica), construção e demolição e Biomassa e produtos de base biológica.

Inovação, investimento e outras medidas horizontais: A transição para uma economia circular é uma mudança sistêmica. Para além das ações específicas que incidem em cada fase da cadeia de valor e nos setores-chave, é necessário criar condições mais propícias ao desenvolvimento da economia circular e à mobilização de recursos. O desenvolvimento da economia circular também exigirá fontes de financiamento públicas e privadas para aperfeiçoar tecnologias, melhorar processos, desenvolver infraestruturas e aumentar a cooperação entre os parceiros na cadeia de valor. Estes objetivos contarão com apoio por parte de programas de financiamento da UE como os da política de coesão, o Programa para o Ambiente e a Ação Climática (LIFE) e o Programa para a Competitividade das Empresas e PME (COSME).

Controle: construção de indicadores confiáveis para medir os progressos realizados rumo à Economia Circular.

A Coreia do Sul percorreu um outro caminho e se diferencia dos exemplos anteriores. Em sua busca por um rápido desenvolvimento econômico, se apoiou, a partir dos anos 1960, na instalação de indústrias leves (têxteis e calçados) com mão de obra pouco qualificada. No entanto, com a concorrência crescente, o país lançou um plano, na década seguinte, com o objetivo de desenvolver grandes parques industriais voltados a indústrias pesadas (PARK; PARK; PARK, 2016). Nas décadas seguintes, a Coreia do Sul passou novamente por mudanças em suas estratégias. Durante os anos 1980, experimentou um crescimento de pequenos parques industriais em áreas rurais e cidades menores e na década seguinte mudou sua estratégia mais uma vez (YEDLA; PARK, 2017). Desta vez, buscando indústrias e

empresas voltadas a tecnologia e conhecimento. Finalmente, nos anos 2000, novas políticas foram criadas para promover indústrias de alta tecnologia, indústrias verdes e indústrias inovadoras para aumentar a competitividade dos complexos industriais existentes (PARK; PARK; PARK, 2016).

Foi justamente pensando na transformação e revitalização de seus grandes parques industriais, criados a partir da década de 1960, que a política de promoção da simbiose industrial coreana se fez (BOONS *et al.*, 2017). Para tanto, em 2005 o país deu início a um plano mestre programado para durar 15 anos (PARK *et al.*, 2008). Inicialmente sob o comando de uma entidade privada chamada *Korea National Cleaner Production Center* (KNCPC), no ano seguinte com a participação da *Korea Industrial Complex Corporation* (KICOX) ligada ao governo (atualmente algo que seria o Ministério de Comércio, Indústria e Energia), foi dado início ao plano dividido em três partes (BEHERA *et al.*, 2012):

- **2005-2009 (primeira fase):** desenvolvimento de estudos de viabilidade e projetos-piloto, cujo objetivo era operar a transição dos grandes complexos industriais tradicionais para Parques Eco Industriais. Para tanto, era necessário compreender e mapear os fluxos de materiais e energia entre os complexos industriais, coletando dados sobre entradas e saídas de matérias-primas, produtos, subprodutos e resíduos nos cinco locais selecionados para a etapa de demonstração (PARKS; WON, 2007).
- **2010-2014 (segunda fase):** disseminação dos conhecimentos, ideias e as experiências adquiridas na fase anterior a 8 novos locais de demonstração e 30 complexos industriais (BEHERA *et al.*, 2012). Colocando de outra forma, pode-se considerar que esta seria uma fase de consolidação dos conhecimentos adquiridos durante a primeira fase e sua expansão (PARK; PARK; PARK, 2019).
- **2015-2019 (terceira fase):** o objetivo da última fase é avaliar os sucessos e falhas das duas primeiras fases e reavaliar, caso seja necessário, as estratégias adotadas (PARK *et al.*, 2008). O objetivo final, eventualmente, seria a busca por um modelo de Parque Eco Industrial realmente adaptado à realidade sul-coreana e à integração dos

complexos industriais com as áreas urbanas adjacentes (PARK; PARK; PARK, 2019).

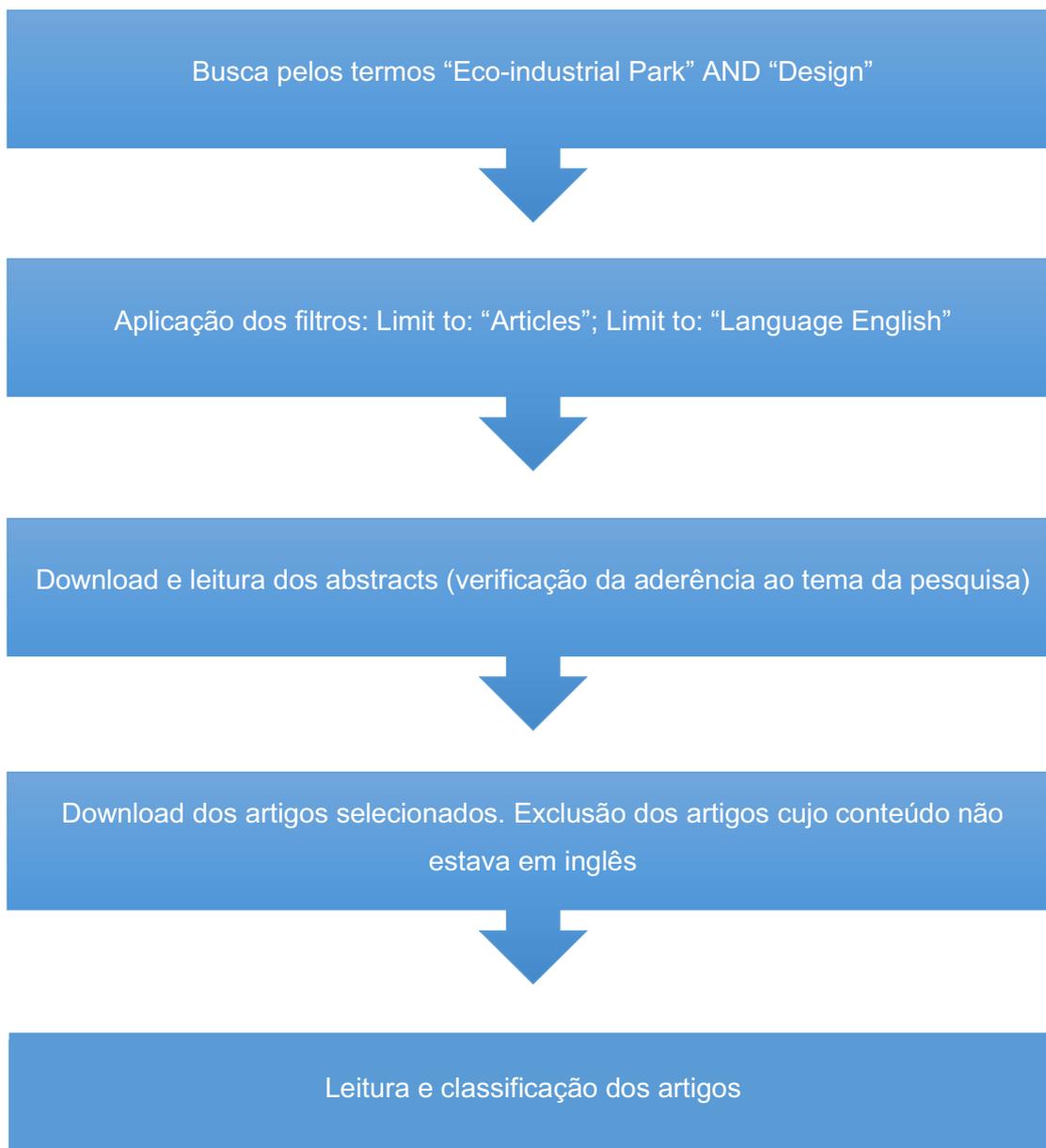
Como se pode perceber, a Coreia do Sul adotou uma estratégia de crescimento e disseminação estruturada e gradual da Simbiose Industrial em sua busca pela sustentabilidade e competitividade (PARK; PARK; PARK, 2019).

4 Metodologia

Conforme apresentado na **seção 2**, o objetivo geral da presente dissertação é a elaboração de uma proposta de diretrizes para guiar o processo de implantação de Parques Eco Industriais e a transição de complexos industriais tradicionais em PEI que sejam mais adequadas à realidade brasileira. Tendo esse objetivo em mente, entende-se que uma revisão sistemática da literatura seja indicada para verificar aspectos mais relevantes e identificar lacunas que possam ser exploradas na própria pesquisa (AMUI *et al.*, 2017). Como metodologia específica para a realização da revisão sistemática, escolheu-se utilizar a apresentada por MARCO-FERREIRA (2020) devido a sua adaptabilidade ao tema pesquisado, pois ao criar categorias (que serão apresentadas abaixo), torna-se possível quantificar aspectos considerados pertinentes na composição dos Parques Eco Industriais e verificar sua incidência nos casos abordados pela literatura selecionada.

Primeiramente, foi realizada uma busca em duas importantes bases de dados internacionais: SCOPUS® e Web of Science®. Para que fosse possível delimitar melhor o tema pesquisado, e, na impossibilidade de lidar com muitos milhares de resultados, optou-se pela combinação de duas palavras-chave: “eco-industrial park” e “design”. Como critérios para inclusão na lista, foram buscados apenas artigos completos publicados em revistas, que fossem revisados por pares e publicados em inglês. Uma vez que o número total de artigos não foi muito expressivo (145) optou-se por não utilizar nenhum tipo de recorte temporal e analisar todos os resultados encontrados. A mesma busca foi tentada na base nacional SCIELO®, mas não foram obtidos resultados que pudessem ser aproveitados para esta pesquisa.

Após a leitura dos *abstracts*, foram excluídos os artigos cujo conteúdo não seria pertinente para a pesquisa. Infelizmente, alguns artigos cujos resumos pareciam muito interessantes e com aderência ao tema pesquisado também foram desconsiderados em razão do idioma – os respectivos *abstracts* estavam redigidos em inglês, mas seu conteúdo, apesar do filtro selecionado, estava em mandarim. Em seguida, foram elaboradas 11 categorias de análise (que serão apresentadas em detalhe abaixo) utilizadas para classificar os 41 artigos selecionados nessa etapa. As etapas do processo foram resumidas na **figura 4**.

Figura 4 – Etapas da Revisão Sistemática

Fonte: Autor

Aproveitando esta etapa do trabalho foi possível, a partir da análise das bibliografias citadas nos artigos selecionados, rastrear os principais autores e obras que serviram para embasar sua sustentação teórica. Através da leitura desses artigos e obras citados, foi possível elaborar o referencial teórico onde foram apresentados os principais conceitos discutidos no presente trabalho. A leitura dos artigos também resultou na verificação de que o processo não pode ser avaliado, exclusivamente, pelo

ponto de vista técnico e acrescentou-se o viés político ao apresentar os modelos de transição propostos pela China, União Europeia e Coreia do Sul.

Finalmente, a conjunção dos resultados obtidos na revisão sistemática, somados à pesquisa realizada para o embasamento teórico da dissertação, resultaram na etapa final. Nela, procurou-se apresentar diretrizes e possíveis caminhos para a instalação de Parques Eco Industriais no Brasil.

4.1 Categorias de análise

Nesta seção serão apresentadas as categorias (11 no total) utilizadas na classificação dos artigos selecionados. O que se buscou nessas categorias foi estabelecer formas – ou critérios – para verificar semelhanças (e diferenças) entre as abordagens e, desta forma, mapear caminhos mais trilhados, assim como oportunidades negligenciadas (ou pouco exploradas) e identificar possíveis lacunas.

Categoria 1: Local de origem do artigo (país). Nesta categoria o que se procurou, muito mais do que a origem dos pesquisadores ou a localização física da instituição a que pertencem, foi determinar o local onde os principais resultados da pesquisa foram colhidos e analisados.

Categoria 2: Foco da pesquisa. Esta categoria foi subdividida em quatro subcategorias dependendo do principal foco (objetivo) do artigo e foram classificadas em: discussão teórica (2A); apresentação de modelo implementação (2B); análise de caso específico (2C); análise sistemática (2D). Apesar de parecerem próximos, entende-se como apresentação de um modelo de implementação (2B) a discussão sobre como foi criado ou aplicado um determinado modelo. Na categoria 2C (análise de caso específico) foi reservada para trabalhos voltados ao estudo ou apresentação de um caso específico (que se enquadrariam também na categoria 3E). Na última categoria, foram reunidos os artigos que apresentam resultados de revisões sistemáticas ou bibliométricas da literatura.

Categoria 3: Metodologia empregada na pesquisa. Nesta categoria os artigos foram classificados de acordo com a metodologia principal empregada na pesquisa. São elas: Conceitual (3A); Qualitativo (3B); Quantitativo (3C); Misto (3D); e Estudo de caso (3E). A categoria “Misto” foi pensada para trabalhos que utilizaram mais de uma metodologia – geralmente qualitativa e quantitativa. A categoria “Conceitual” foi criada com o intuito de identificar, com maior precisão, os trabalhos mais voltados à apresentação de conceitos e diferenciá-los de outros artigos qualitativos que trabalhem outros aspectos mais práticos.

Categoria 4: Setor Analisado. Na presente categoria, os artigos foram classificados de acordo com o tipo de empreendimento que compõe o Parque Eco Industrial: Indústria (4A); Serviços (4B) e; Misto (4C). A categoria “misto” foi pensada para artigos que abordassem interações simbióticas entre os dois tipos e não apenas dividiam o espaço físico do Parque Eco Industrial. Ainda que, teoricamente, um parque composto apenas de empresas prestadoras de serviços não possa ser classificado como “industrial”, a categoria 4B foi mantida por entendermos que este possa ser um caminho a ser trilhado.

Categoria 5: Tipo de criação / formação do Parque Eco Industrial. Nesta categoria foram encontrados, basicamente, dois tipos de classificação: Bottom-up (5A); Top-down (5B). A primeira diz respeito a parques eco industriais que tiveram sua origem de forma espontânea (não contaram com uma intervenção estatal ou planejamento prévio) e a segunda corresponde aos que foram previamente planejados (ou redesenhados) para que suas empresas instaladas no local operassem de forma simbiótica (CHERTOW, 2007). Ao final, foi incluída a classificação Misto (5C) aplicada a artigos onde os autores tratavam dos dois tipos ou parques eco industriais que tiveram início de forma espontânea, mas foram modificados posteriormente.

Categoria 6: Tipos de incentivo / fomento envolvido na criação / manutenção do PEI: Totalmente público (6A); totalmente privado (6B); ou misto (6C). Foi importante adicionar a classificação “misto” para contemplar estudos em que havia uma clara parceria entre os setores público e privado e em casos em que o setor público interveio

para reorganizar um parque previamente auto-organizado pelo setor privado. De certa forma, esta categoria está ligada à anterior, pois o tipo de formação do parque diz muito sobre a maneira como ele foi criado.

Categoria 7: Principais impactos. Impactos positivos (7A), negativos (7B) ou neutros (7C): financeiros (a); economia de insumos (b); sociais (c); ambientais (d). Esta categoria foi subdividida em duas partes: na primeira parte os artigos foram classificados de acordo com o viés da pesquisa. Ou seja, se ela se concentra em apresentar os resultados por um viés positivo, negativo ou neutro. Na segunda parte da categoria, foram contempladas as áreas onde os principais impactos medidos estavam concentrados.

Categoria 8: Impactos sustentáveis abordados ou mencionados no artigo. Impactos econômicos (8A); sociais (8B); e ambientais (8C) – água (8C.1), energia (8C.2), resíduos sólidos (8C.3), poluição atmosférica (8C.4). Nesta categoria foram classificados os principais aspectos ligados ao tripé da sustentabilidade (*Triple Bottom-Line*) que seriam o aspecto social, econômico e ambiental (ELKINGTON, 1998). Dentro do campo ambiental – que acabou se mostrando o principal abordado nos artigos – optou-se por apontar, com maior grau de precisão, onde se concentravam as interações mencionadas.

Categoria 9: Número de empresas / Indústrias que compõem o Parque Eco Industrial. Nesta categoria foram apresentados – numericamente e quando esse dado constava de alguma forma no artigo – a quantidade total de empreendimentos que foram considerados na pesquisa realizada.

Categoria 10: Foco do nível do estudo: micro (10A); meso (10B); e macro (10C). Nesta categoria o que se buscou foi classificar os artigos de acordo com o nível da abordagem. Trabalhos com foco em arranjos menores ou que direcionassem sua análise para aspectos específicos – tais como processos ou interações entre tipos de indústrias / serviços – foram classificados como “micro”. Aqueles que abordassem o

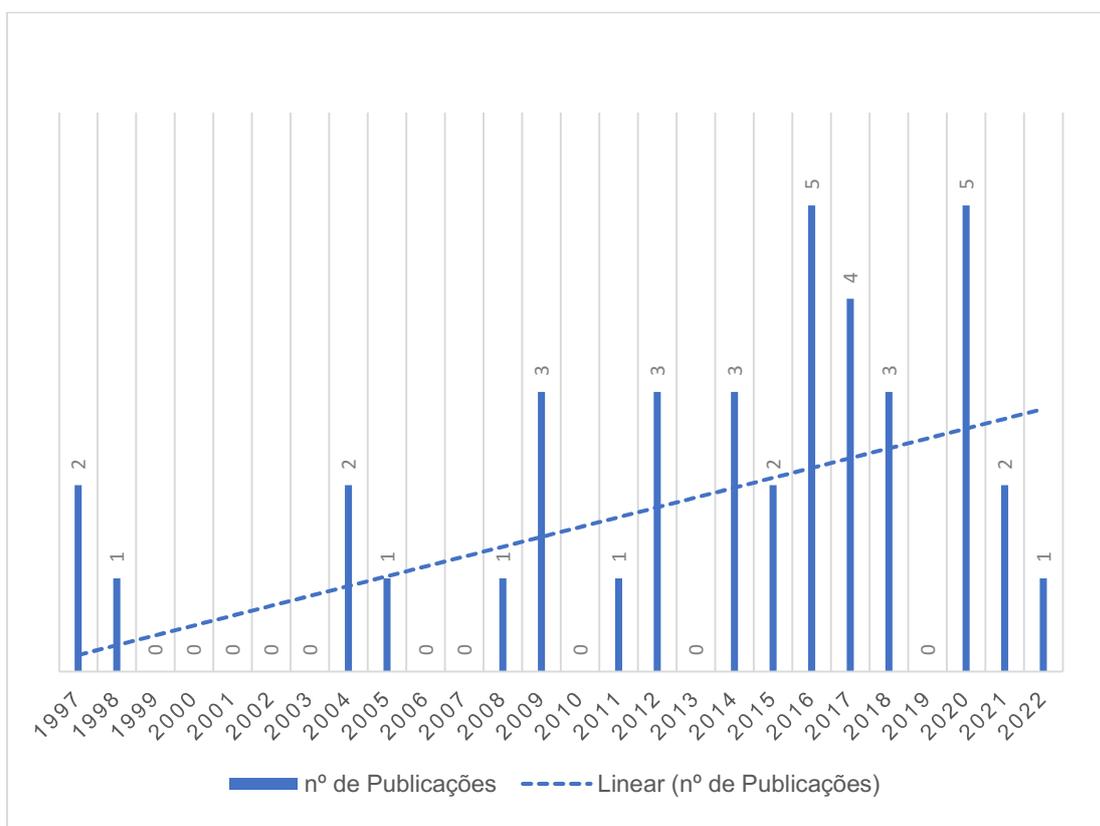
parque eco industrial em sua totalidade foram classificados como “meso”. Finalmente, os trabalhos com foco em arranjos regionais, nacionais ou que tratassem de políticas públicas com grande abrangência foram colocados na categoria “macro”.

Categoria 11: Foco do Eco Parque (relação / compartilhamento das empresas): reaproveitamento de resíduos (11A); compartilhamento de infraestrutura (11B); cogeração energética (11C); compartilhamento de serviços / logística (11D) ou; combinação de dois ou mais (11E). Nesta categoria busca-se mapear e classificar as principais interações exploradas no contexto dos parques Eco Industriais. É importante mencionar que, a partir da leitura e classificação dos artigos, se mostrou necessário apontar todas as categorias abordadas na pesquisa e não apenas eleger uma principal ou utilizar uma categoria específica para agrupar os trabalhos que abordassem duas ou mais classificações. Desta forma, a categoria 11E acabou não sendo empregada de forma isolada.

5 Análise dos resultados da revisão sistemática

Neste capítulo, dividido em duas partes principais, serão apresentados os resultados da revisão sistemática da literatura. Inicialmente, serão apresentados os dados gerais que incluem a quantidade e evolução das publicações com o passar dos anos, os principais atores responsáveis e periódicos mais relevantes. Em seguida, na segunda parte, serão apresentadas – em maior profundidade – os resultados obtidos nas categorias voltadas a uma análise aprofundada do conteúdo dos artigos.

Gráfico 1 - Número de Publicações por Ano

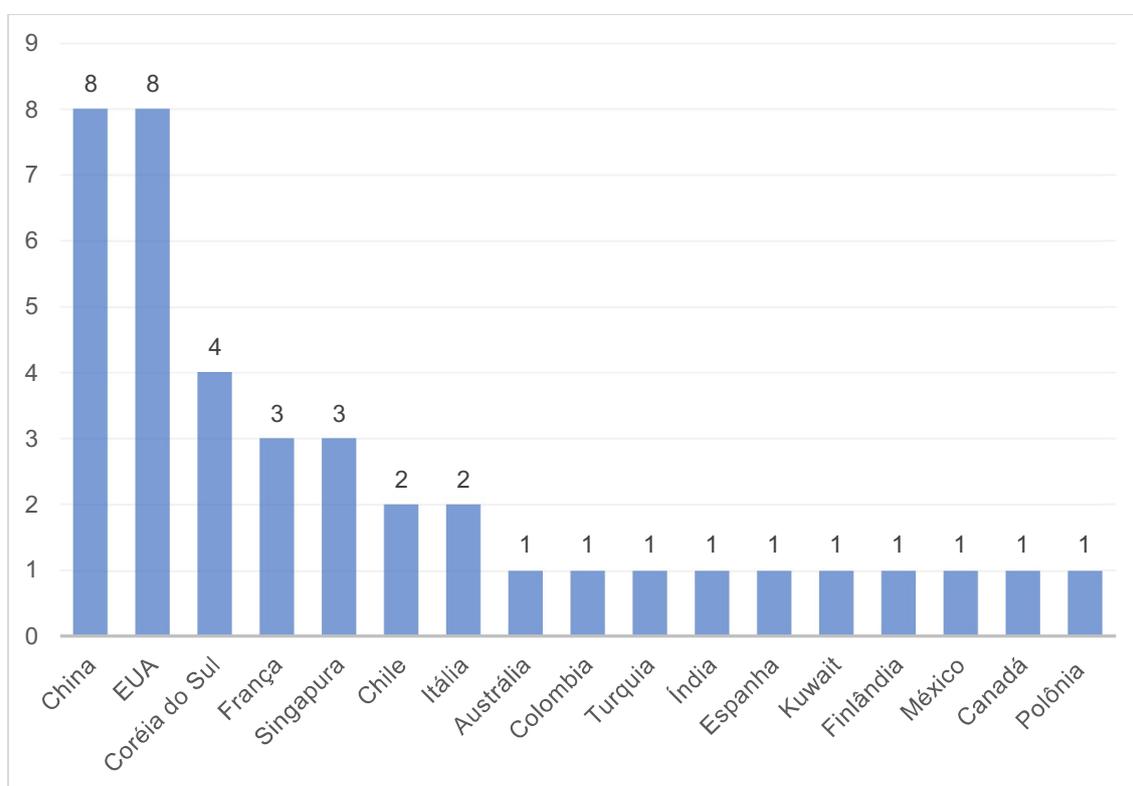


Fonte: Autor

Conforme se observa no **Gráfico 1**, este é um tema que já era alvo de investigação e debates em décadas passadas, mas vem recebendo mais atenção à medida que a pauta ambiental e ações voltadas ao desenvolvimento sustentável se tornam cada vez mais centrais (a partir de 2012). Neste contexto, é importante mencionar que atores internacionais de relevo enxergam no modelo da Economia Circular, no qual os Parques Eco Industrias estão inseridos, um dos caminhos possíveis para atingir este objetivo (PRIETO-SANDOVAL *et al.*, 2021).

Dentre esses atores, dois se destacam mais fortemente: China e União Europeia. Ainda que a China tenha iniciado estudos nos anos 1980 e colocado seu primeiro PEI em funcionamento em 2001 (LI *et al.*, 2017), foi apenas em 2009 que o país adotou, oficialmente, uma legislação voltada ao tema da Economia Circular. No caso da União Europeia, o mesmo só ocorreu 5 anos mais tarde (PRIETO-SANDOVAL *et al.*, 2021). Essas duas datas ajudam a explicar o crescimento da produção acadêmica após 2014, concentrando, nesse período, mais da metade dos artigos selecionados (25 de um total de 41).

Gráfico 2 - Origem da produção acadêmica



Fonte: Autor

Conforme mencionado anteriormente, observa-se a grande participação da China e da União Europeia na produção acadêmica relativa ao tema pesquisado. A China aparece com 8 trabalhos e os membros da União Europeia (França, Itália, Turquia, Espanha e Polônia) somam 9 artigos. É interessante observar que a China teria uma participação ainda maior se alguns dos artigos pré-selecionados através da leitura dos *abstracts* tivessem sido publicados (ou disponíveis) também em inglês e não apenas em mandarim.

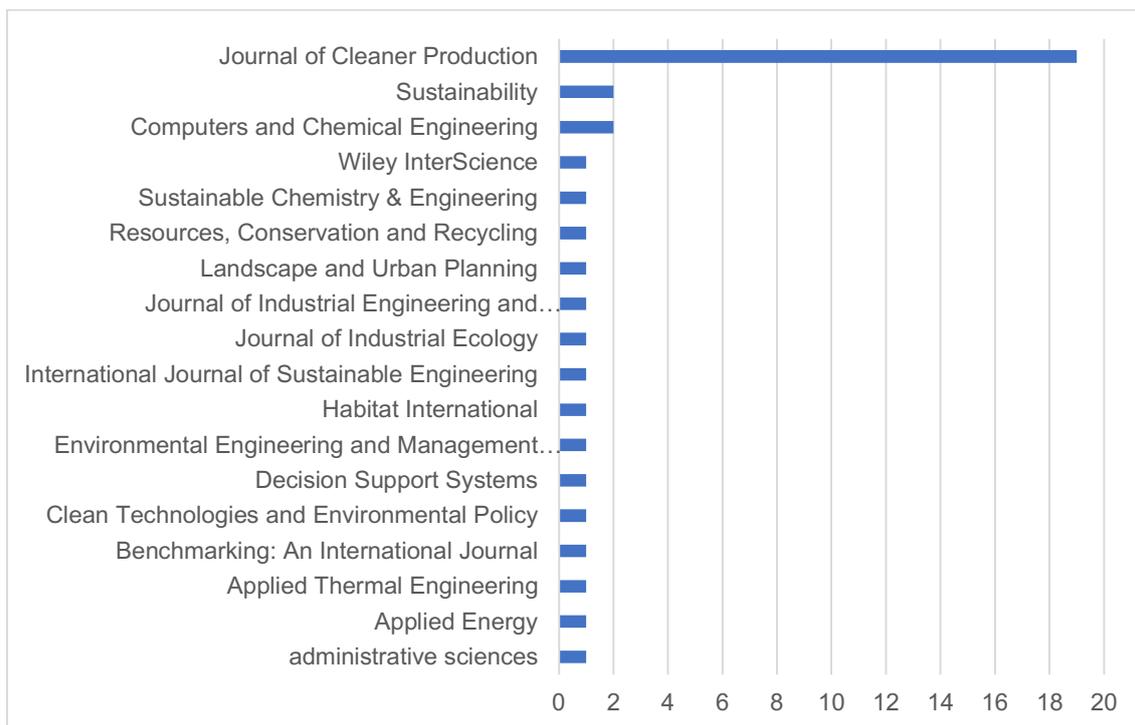
Importante destacar a participação Norte-Americana (quase onipresente) em diversos temas de pesquisa, mas principalmente a Sul-Coreana, pois tem-se nela um grande potencial de aprendizado uma vez que a realidade coreana é mais próxima da brasileira quando comparada a outros países que se destacam na área. No entanto, se faz necessário apontar que uma parte da produção Norte-Americana ocorreu nos primórdios das discussões, o que não a desmerece, pois diversos destes trabalhos são considerados seminais e ainda hoje são bastante relevantes. Entre eles destacam-se as discussões sobre os conceitos Ecologia Industrial e Simbiose Industrial realizadas por LOWE (1997) e a adição do componente social pelo trabalho de CÔTÉ e COHEN-ROSENTHAL (1998). A China, por outro lado, conta com uma produção constante ao longo da primeira década dos anos 2000 e vem se tornando significativa.

Tabela 1 - nº publicações por país - 2015-22

País	nº de publicações (2015-2022)
China	7
França	3
Estados Unidos	2
Coréia do Sul	2
Singapura	2
Chile	2

Fonte: Autor

No que diz respeito à relevância de periódicos, conforme verificado no **Gráfico 3**, há o *Journal of Cleaner Production*, do grupo Elsevier, ocupando uma posição de enorme destaque e sendo responsável por publicar quase a metade dos artigos selecionados (19 de um total de 41). É importante destacar – ainda que tenha sido resultado de uma pesquisa envolvendo o tema da Economia Circular que é significativamente mais abrangente e contabiliza milhares de publicações – que GOYAL, CHAUHAN e MISHRA (2021) acabaram chegando a conclusões semelhantes ao demonstrar o protagonismo chinês nas pesquisas e a relevância do *Journal of Cleaner Production* como o principal periódico na área.

Gráfico 3 - Publicações por periódicos

Fonte: Autor

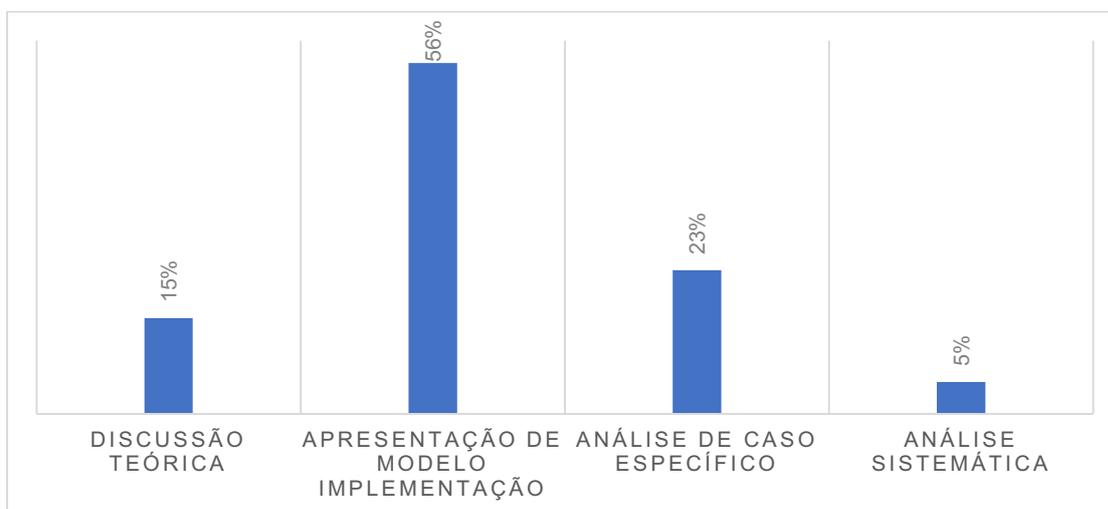
5.1 Análise das Categorias de Conteúdo

Nesta etapa serão analisados, em maior profundidade, os resultados obtidos durante o processo de classificação dos artigos nas categorias focadas em seu conteúdo. Conforme mencionado anteriormente, serão apresentadas as seguintes categorias: Foco da Discussão; Metodologia Utilizada; Setor Analisado; Formação dos Parques Eco Industriais; Tipo de Fomento; Principais Impactos; Impactos Sustentáveis; Quantidade de Empreendimentos; Nível do Estudo; e Foco do Parque Eco Industrial.

5.1.1 Foco da Discussão

Iniciando a análise das principais categorias de conteúdo (2-11), temos a primeira delas – voltada ao foco da discussão. Uma vez que o principal objetivo da dissertação é buscar elementos que possam auxiliar na elaboração de diretrizes para a implantação de Parques Eco Industriais, foram encontrados 80% dos artigos trabalhando justamente esse aspecto (56% tratando de modelos de implementação e outros 23% abordando a análise de um caso específico). Ainda que não acrescente diretamente ao objetivo final da dissertação, artigos que trazem uma discussão teórica (abordando discussões e conceitos) e análises sistemáticas são extremamente úteis para guiar a pesquisa.

Gráfico 4 - Foco da Discussão

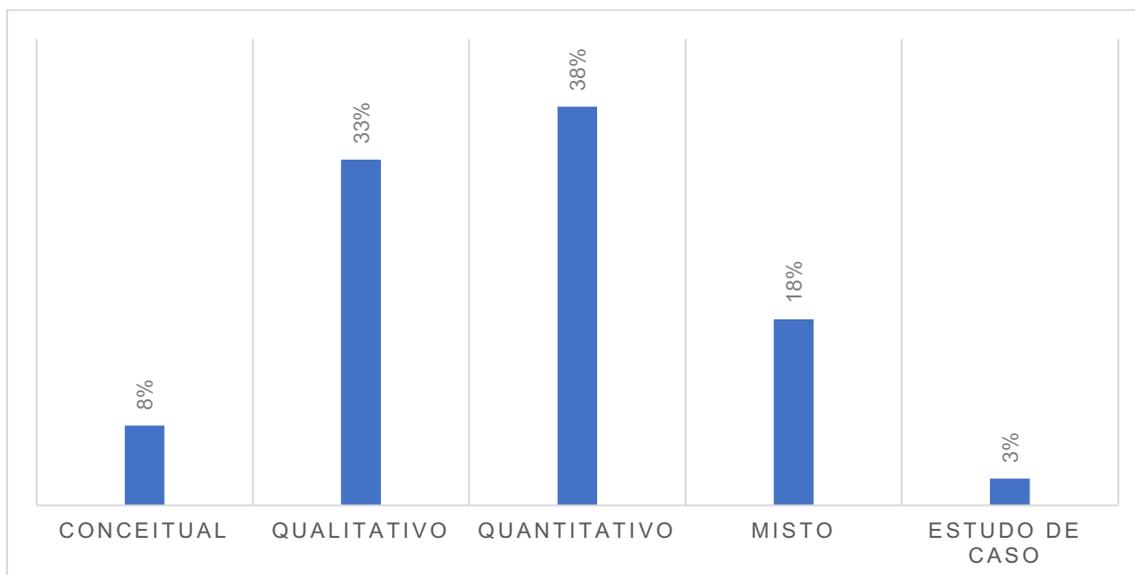


Fonte: Autor

Neste sentido, destaca-se a ampla análise bibliométrica que aborda o tema da Economia Circular (GOYAL; CHAUHAN; MISHRA, 2021) e o trabalho de COHEN-ROSENTHAL, KORHONEN e HUISINGH (2004) no qual os autores apresentam os diversos caminhos – ou frentes – que a busca pela sustentabilidade pode vir a tomar. Eles destacam que não existe um único caminho possível, pois o desafio é bastante grande e diverso e será necessário estar sempre se adaptando às constantes mudanças de cenário (COHEN-ROSENTHAL; KORHONEN; HUISINGH, 2004). Sendo assim, apesar da quantidade total de artigos selecionados não ser muito expressiva, todos têm potencial para contribuir ao objetivo final da dissertação.

5.1.2 Metodologia Utilizada

Nesta categoria, os artigos foram classificados conforme a metodologia empregada tendo como referência o trabalho de CRESWELL (2021) no que diz respeito aos métodos Quantitativo, Qualitativo e Métodos Mistos. Mesmo que alguns artigos teóricos também pudessem ser classificados dentre os métodos citados (em especial os qualitativos), optou-se por utilizar a categoria “Conceitual” para aqueles artigos com foco, quase que exclusivamente, na discussão e apresentação de conceitos ligados ao tema como a discussão de aspectos metodológicos na aplicação do conceito do ciclo de vida na Simbiose Industrial (MATTILA *et al.*, 2012) ou uma proposta de uma nova metodologia para aplicação da revisão sistemática no campo do conhecimento gerencial (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Foi aplicada uma lógica semelhante ao classificar, nesta mesma categoria, a análise bibliométrica de GOYAL, CHAUHAN e MISHRA (2021). Embora o artigo utilize uma metodologia nitidamente quantitativa, ele acaba não contribuindo para o objetivo do trabalho de forma direta.

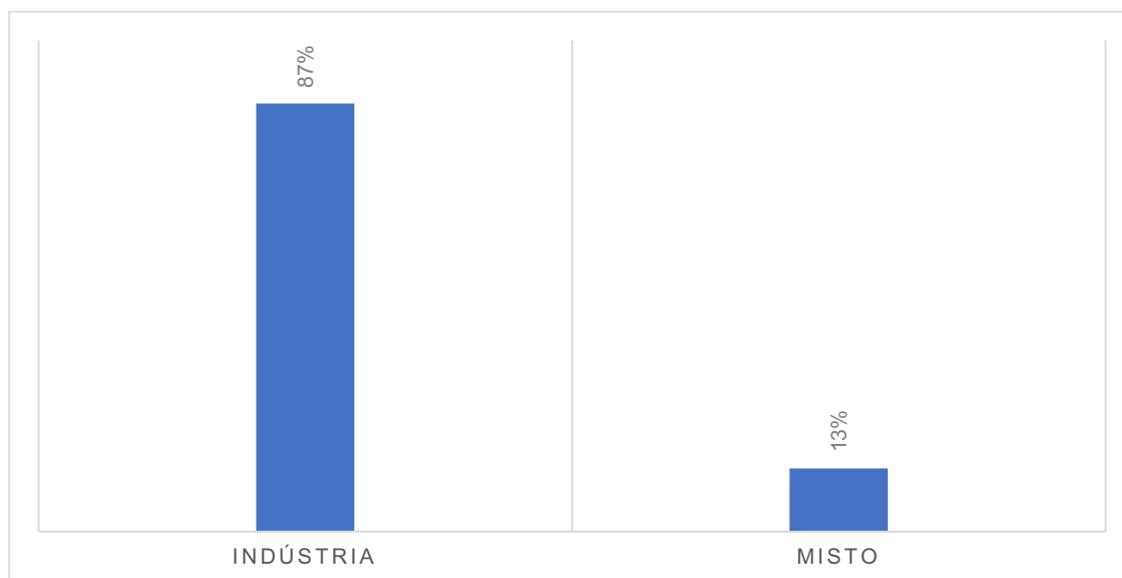
Gráfico 5 – Metodologia utilizada nos artigos

Fonte: Autor

De certa forma, o contrário ocorreu com a classificação de “Estudo de Caso”: ainda que alguns artigos tragam – inclusive nos títulos – tal denominação, para o objetivo final do trabalho, se mostrou mais relevante classificá-los de acordo com o método de tratamento e análise dos dados.

5.1.3 Setor Analisado

Uma vez que o conceito principal no qual os parques eco industriais estão inseridos é a Simbiose Industrial (CHERTOW, 2000), o setor de serviços, muitas vezes, acaba não sendo considerado como potencial parceiro nesta busca pela sustentabilidade. No caso dos artigos selecionados, 87% têm como foco único o setor industrial e apenas uma pequena parte (os 13% restantes) acaba trazendo conceitos, análises ou experiências envolvendo o setor de serviços, mas sempre no papel de coadjuvante. Ou seja, o foco é, em todos os casos explorados, o setor industrial. Neste sentido, é interessante salientar que este talvez seja um ponto a ser mais bem explorado. Como bem pontuou LAMBERT e BOONS (2002), a participação de outras empresas, que não façam parte diretamente do negócio principal, pode auxiliar na troca e fluxos entre as diferentes indústrias.

Gráfico 6 - Setor Analisado

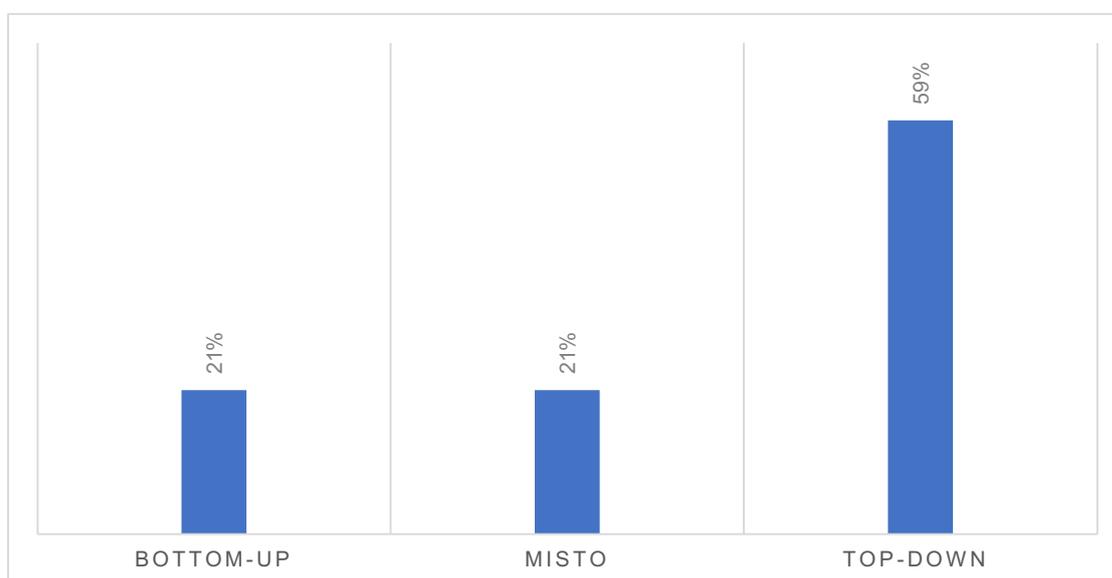
Fonte: Autor

Outro ponto importante a se considerar é a grande – e sempre crescente – participação do setor de serviços na economia da maioria dos países. Obviamente, o setor industrial acaba tendo um impacto ambiental bastante elevado devido ao seu enorme consumo energético e utilização de matérias-primas, mas certamente – devido ao seu tamanho e variedade – o setor de serviços poderia ser envolvido nesse processo com maior ênfase. No caso brasileiro, ainda há o setor primário com grande potencial para também participar em parques eco industriais. Especialmente quando considerado o potencial de reaproveitamento de recursos e principalmente na cogeração energética (DE LIMA CANEPPELE *et al.*, 2020).

5.1.4 Formação dos Parques Eco Industriais

Nesta categoria, o que se buscou foi classificar os parques eco industriais abordados nos artigos de acordo com a forma como foram criados. Parques Eco Industriais do tipo *Bottom-Up* seriam aqueles que acabaram se organizando de modo orgânico e sem interferências diretas, como é famoso caso de Kalundborg na Dinamarca. O tipo *Top-Down* seriam aqueles em que ocorreu um planejamento prévio para que ele operasse de forma simbiótica (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Gráfico 7 - Formação dos PEIs



Fonte: Autor

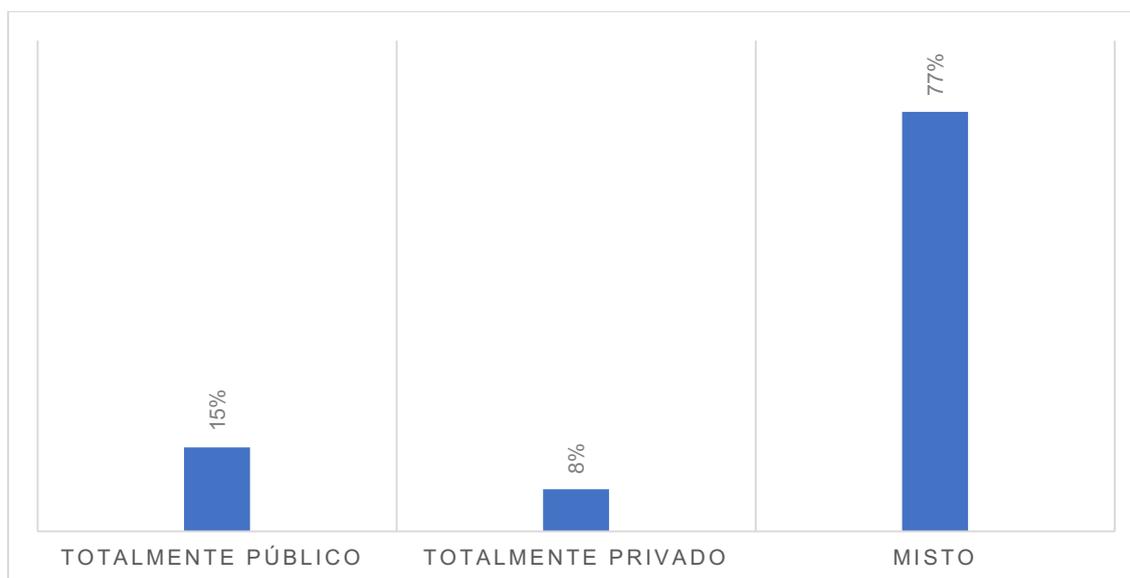
Como é possível observar, a maior parte se enquadra na segunda categoria. De certa forma, ainda somam-se os 21% classificados como “misto” nessa categoria, pois mesmo os auto-organizados acabaram sofrendo algum tipo de interferência posterior ao propor um modelo de otimização de parques existentes (KUZNETSOVA; ZIO; FAREL, 2016) ou otimizar e aumentar a integração de fluxos (VALENZUELA- VENEGAS; VERA-HOFMANN; DÍAZ-ALVARADO, 2020). Sendo assim, apenas os 21% restantes foram classificados como *Bottom-Up* e tem nos Estados Unidos a principal fonte de estudos (nos artigos selecionados). É possível que nossa escolha pelo termo “design” tenha resultado nessa predominância dos trabalhos que abordam

a criação *Top-Down*, pois essa discussão – envolvendo a superioridade de um tipo de formação sobre o outro – ainda é um tema muito controverso na literatura.

5.1.5 Tipo de Fomento

Nesta categoria, o que se buscou foi mapear a forma como os Parques Eco Industriais vêm sendo criados e mantidos. O que fica claro, observando-se os resultados, é que as ações que buscam a sustentabilidade acabam envolvendo, conjuntamente, o Estado e a iniciativa privada (esse tipo de financiamento está presente em 77% dos artigos selecionados). Colocado de outra forma, a busca pela sustentabilidade, muito provavelmente, será uma tarefa a ser repartida entre o Estado e a Sociedade.

Gráfico 8 - Tipos de Fomento PEIs



Fonte: Autor

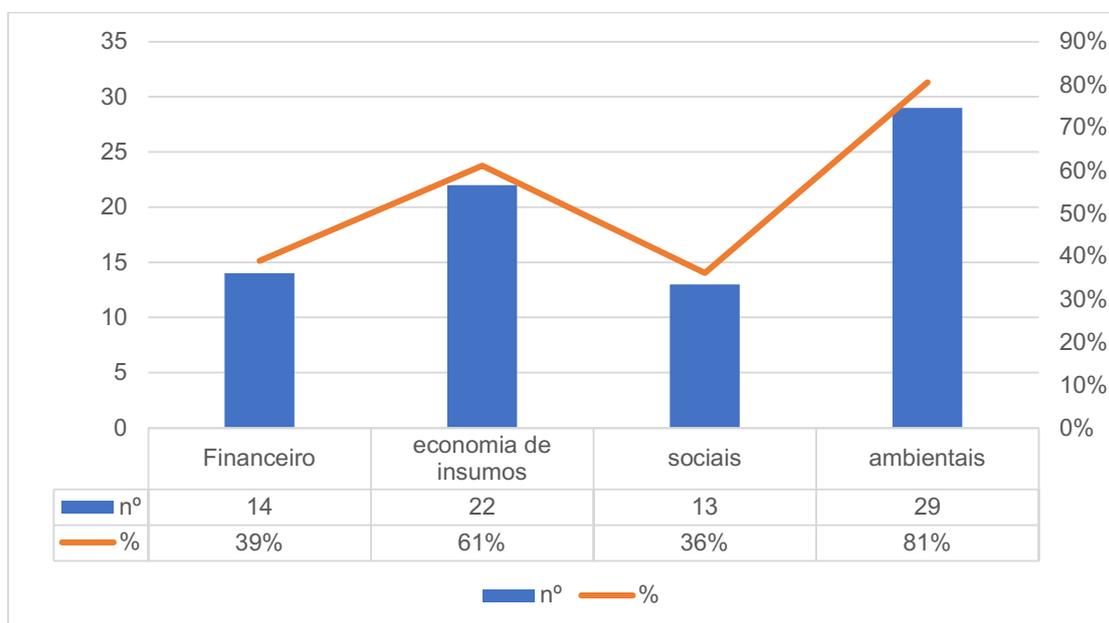
É interessante observar que os poucos artigos que buscavam soluções exclusivamente nas mãos da iniciativa privada são provenientes dos Estados Unidos (LOWE, 1997) e Canadá (GRANT, 1997). Com exceção do trabalho de VELEVA (2016), os outros são antigos e pode-se questionar se algo de tamanha importância e magnitude seria viável, atualmente, sem uma participação mais ativa dos governos. No outro extremo (fomento totalmente público), o que se verifica são países que realmente estão direcionando muitos recursos e esforços para que tais políticas

obtenham sucesso e estão dispostas, inclusive, a cometer erros nesse processo, em especial, a China (LIU *et al.*, 2022).

5.1.6 Principais Impactos

Esta categoria, a princípio, deveria classificar os artigos em 3 vieses diferentes: positivos, negativos e neutros. No entanto, o que se verificou foi uma ausência quase total do quesito neutro. Deste modo, optou-se por classificar dessa forma uma pesquisa bibliométrica (GOYAL; CHAUHAN; MISHRA, 2021) e apenas dois trabalhos envolvendo impactos negativos, onde um deles aponta para a utilização inadequada do espaço onde os parques eco industriais são instalados (CONTICELLI; TONDELLI, 2014) e o outro aborda a ausência de relação entre utilização do espaço físico e a melhora dos indicadores dos Parques Eco Industriais (LAYTON; BRAS; WEISSBURG, 2017).

Gráfico 9 - Principais Impactos Positivos



Fonte: Autor

Desta forma, ainda que trabalhos abordando aspectos negativos sejam muito importantes para o crescimento e desenvolvimento – especialmente em áreas onde o

conhecimento ainda está longe de ser considerado consolidado – foram abordados, basicamente, os aspectos positivos presentes nos artigos. Conforme apresentado no item 3 (metodologia), tais vieses foram subdivididos em aspectos financeiros (a); economia de insumos (b); sociais (c); e ambientais (d). O que se observou foi uma quase onipresença dos benefícios ambientais (acima de 80%), enquanto os aspectos sociais foram os mais negligenciados. Uma surpresa foi perceber que muitos artigos acabaram não abordando os benefícios financeiros. Colocando a questão de outra forma, não buscaram transformar os benefícios ambientais, sociais e de economia de insumos em ganhos financeiros.

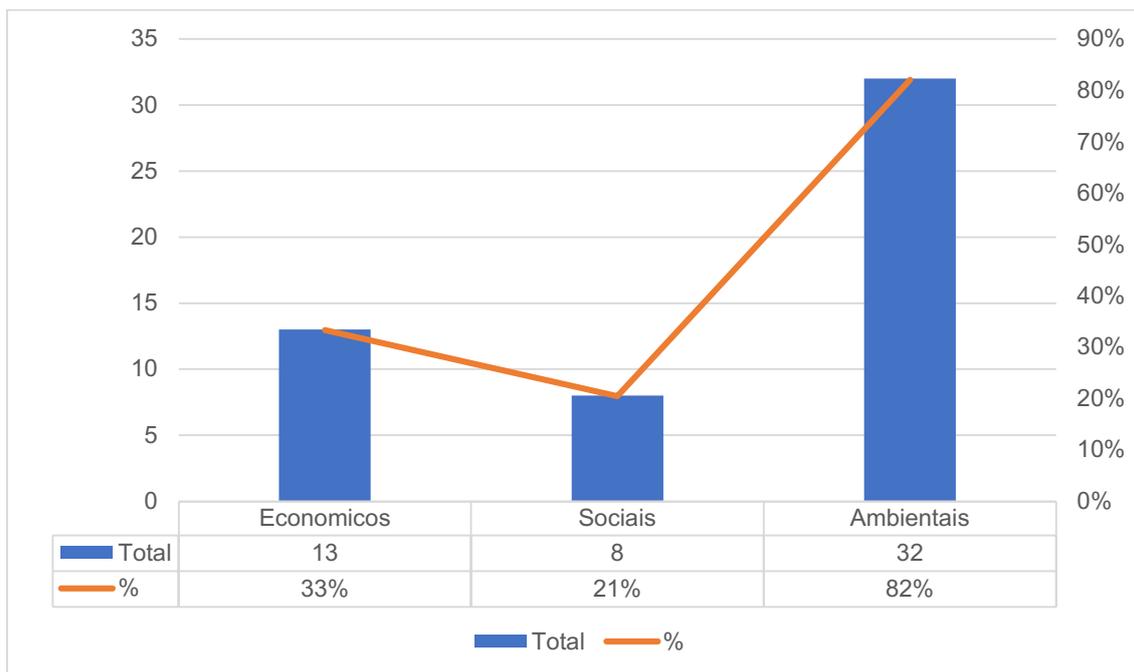
Tabela 2 - Principais Interações

Principais Interações - Impactos Positivos	nº de ocorrências
Financeiro e Social	5
Financeiro e Ambiental	3
Economia de insumos e Social	1
Economia de insumos, social e ambiental	2
Social e Ambiental	5
Todos	2

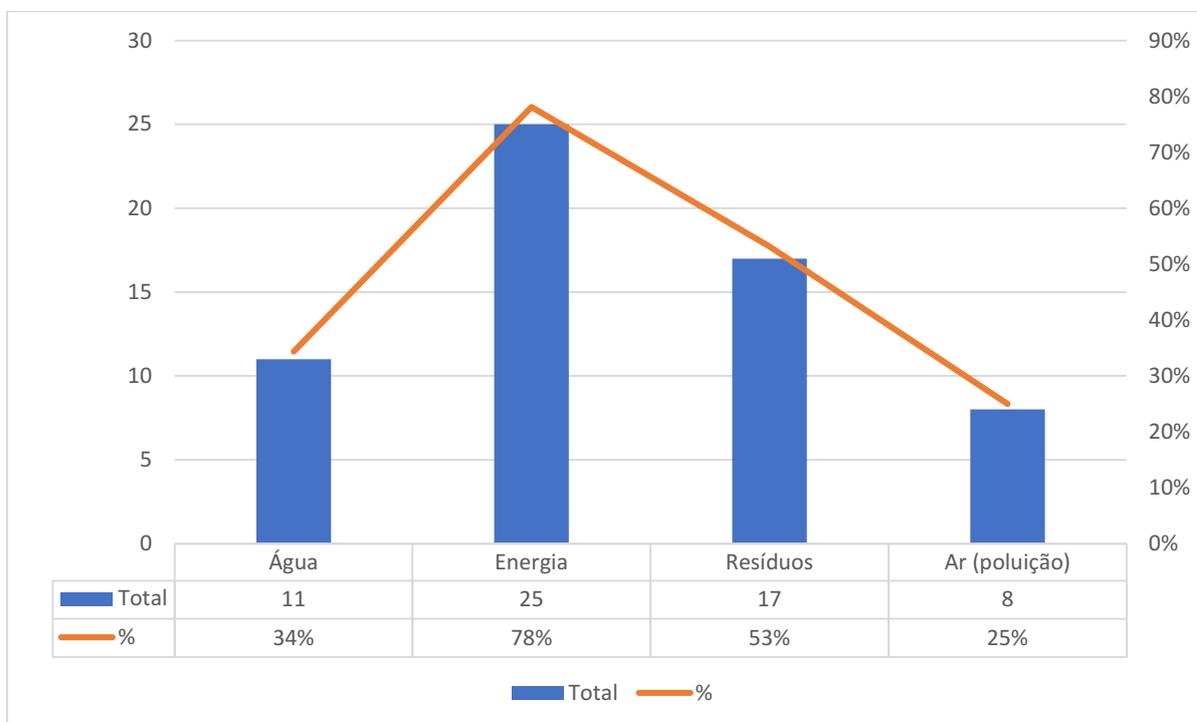
Fonte: Autor

5.1.7 Impactos Sustentáveis

Ao observar em detalhes os impactos ambientais, encontra-se na energia (na forma de reaproveitamento energético ou cogeração) o impacto sustentável mais presente (78%). Em seguida o reaproveitamento dos resíduos sólidos (53%); reaproveitamento de água (34%); e reaproveitamento de gases (prevenção de poluição) aparecendo em $\frac{1}{4}$ dos artigos selecionados. Assim como acontece na primeira parte dessa categoria, os artigos podem abordar mais de um impacto ambiental. Desta forma, o total será superior a 100%.

Gráfico 10 - Impactos Sustentáveis

Fonte: Autor

Gráfico 11 - Impactos Ambientais

Fonte: Autor

Mostrou-se pertinente também verificar quais combinações / interações de impactos seriam as mais exploradas:

Tabela 3 - Combinação de Impactos

Combinação de Impactos	nº de ocorrências
Água/Energia	1
Água/Energia/Resíduos Sólidos	1
Energia/Resíduos/Poluição Atmosférica	1
Energia/Resíduos Sólidos	4
Todos	6

Fonte: Autor

Mais uma vez percebe-se a relevância do papel desempenhado pela energia nos parques eco industriais, aparecendo em todas as combinações encontradas na pesquisa realizada. Neste ponto, torna-se importante salientar a oportunidade com grande potencial de ser explorado no Brasil: como um dos maiores produtores mundiais e contando com centenas de usinas de cana-de-açúcar espalhadas pelo país, existe um enorme potencial para a cogeração energética ou geração de vapor através da queima da biomassa (DE LIMA CANEPPELE *et al.*, 2020).

5.1.8 Quantidade de Empreendimentos

Nesta categoria buscou-se mapear a quantidade de entes (indústrias, empresas ou outros empreendimentos) que compunham os parques eco industriais abordados / pesquisados nos artigos. O que, em teoria, parecia uma tarefa relativamente simples, se mostrou um tanto desafiadora e com resultados muito díspares. É importante ressaltar que essa não é uma informação encontrada com facilidade na imensa maioria dos textos e em uma parcela significativa deles (38%), tal informação não está disponível de maneira clara ou mesmo pôde ser computada de forma indireta – única forma encontrada na maioria dos casos em que foi possível calcular sua quantidade.

Tabela 4 - Quantidade de Empreendimentos

Quantidade de Empreendimentos	nº	%
Informação não disponível	15	38%
nº inferior a 10	3	8%
nº entre 11 e 50	13	33%
nº entre 51 e 100	2	5%
nº superior a 100	6	15%

Fonte: Autor

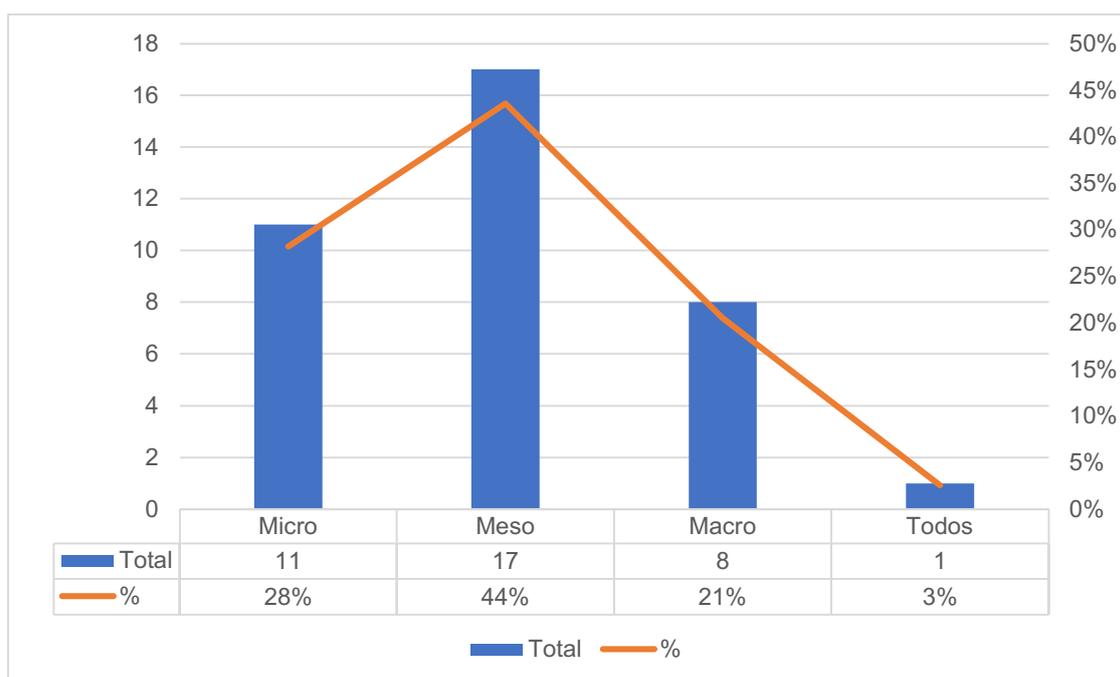
Outro ponto que nos chamou a atenção foi a enorme variação verificada. Enquanto alguns estudos – geralmente qualitativos – focam em um número mais reduzido (ou sequer fazem menção a eles), outros trabalham com um universo de centenas de empreendimentos. No primeiro caso, vale a pena mencionar o estudo realizado em Kouvola (Finlândia) que apresenta um caso no qual uma indústria de papel – que ocupa o local mais importante no parque eco industrial e funciona como uma espécie de “âncora” – se relaciona com outras indústrias de forma simbiótica formando um cluster de apenas 6 empreendimentos (LEHTORANTA *et al.*, 2011).

No outro extremo, existe a pesquisa Sul-Coreana que realiza um amplo estudo focado na evolução dos parques eco industriais planejados (tipo *top-down*) que trabalha com um universo de mais de 600 empreendimentos (BEHERA *et al.*, 2012).

5.1.9 Nível do Estudo

Nesta categoria o que se buscou foi mapear os artigos selecionados de acordo com o nível mais abordado nas pesquisas (como foco principal). Ou seja, foram classificados como “micro” aquelas pesquisas mais direcionadas em arranjos menores ou que tratam de aspectos específicos. Em especial a inter-relação entre as empresas que compõem determinado arranjo ou processos específicos. Foram classificados como “meso” os trabalhos que abordam o parque eco industrial em sua totalidade. Finalmente, os artigos com foco bem mais amplo – em especial questões ligadas a políticas públicas ou que abordam os parques eco industriais como arranjos regionais ou até nacionais – foram classificados como “macro”.

Gráfico 12 - Nível do Estudo



Fonte: Autor

Como é possível perceber, o nível meso é o mais abordado na literatura selecionada – foco de 44% dos artigos. Em seguida, os trabalhos centrados no nível micro (28%) e, por último, os de nível macro (21%). Uma vez que um dos focos da pesquisa foi buscar e reunir informações sobre o design dos parques eco industriais, este resultado parece estar dentro do esperado, pois tais discussões se fazem bem

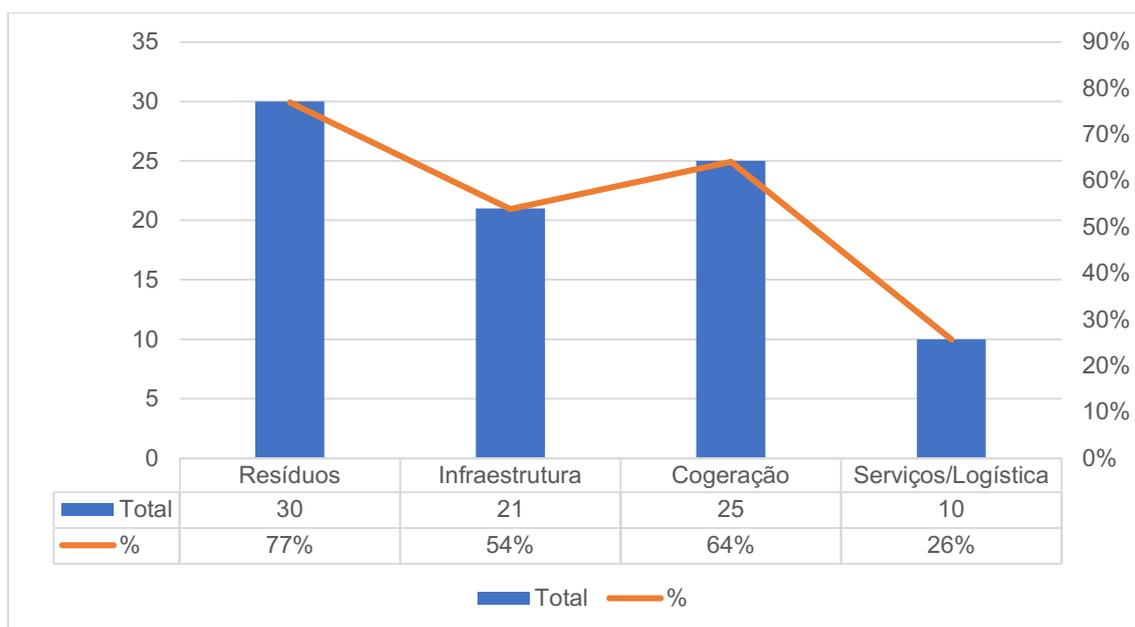
mais presentes nos níveis meso e micro. No entanto, ao contrário do que seria possível supor, não foi encontrada uma relação direta desta categoria com a anterior (Quantidade de Empreendimentos). No caso finlandês mencionado na seção anterior (LEHTORANTA *et al.*, 2011), ainda que os autores apresentem aquele exemplo específico com um número reduzido de empresas (apenas 6), o foco principal da pesquisa apresentada acaba sendo bem mais amplo, fazendo com que o artigo tenha sido classificado como “Nível Macro”.

Pensando sobre essa categoria – e suas 3 divisões relativamente estanques – não se pode deixar de mencionar o interessante trabalho de ZHENG e JIA (2017) que, ao abordar aspectos da Teoria da Difusão da Inovação na busca e ampliação de simbioses industriais, acabou permeando as três categorias e foi o único artigo classificado como “todos”.

5.1.10 Foco do Parque Eco Industrial

Nesta que talvez seja uma das categorias mais importantes na tarefa de reunir elementos para a construção de nosso conjunto de diretrizes, buscou-se mapear os principais focos – e interações – verificadas nos parques eco industriais ou exploradas, de outras formas, nos artigos.

Gráfico 13 - Foco do Parque Eco Industrial



Fonte: Autor

O que se verificou foi a predominância do reaproveitamento de resíduos e compartilhamento energético presentes, respectivamente, em 77% e 64% dos artigos. É importante mencionar que não foi estabelecido um foco único ou mais significativo apresentado em cada artigo. Ou seja, um artigo poderia, teoricamente, abordar os 4 focos (como foi o caso de 7 deles). Nestes casos, ao invés de pensar em foco, se mostrou mais adequado denominá-los de combinações de interações (**Tabela 5**). De qualquer forma, esse resultado já era esperado, pois o reaproveitamento do resíduos e as trocas energéticas estão presentes nas origens do conceito de simbiose industrial (CHERTOW, 2000). Ao verificar as principais combinações, percebe-se que elas estão presentes em um número expressivo de trabalhos.

Tabela 5 - Combinação de Interações - Foco Parque Eco Industrial

Combinações de Interações	Nº de ocorrências
Resíduos e Interação Energética	8
Resíduos, Infraestrutura e Interação Energética	6
Resíduos, Interação Energética e Serviços/Logística	1
Reaproveitamento de Resíduos e Serviços/Logística	1
Todas as interações	7

Fonte: Autor

5.2 Síntese dos principais resultados

Nesta seção, será apresentada uma síntese dos principais aprendizados obtidos após a leitura, categorização e análises resultantes da revisão sistemática. Serão abordados os aspectos que possam ser úteis na elaboração da proposta de diretrizes para a implantação dos parques eco industriais. Serão ressaltados os aspectos mais abordados, os pouco explorados e as oportunidades – e desafios – representados pela realidade brasileira.

Figura 5 - Síntese dos Principais Resultados



Impactos Positivos

- 7A.a – 39% - Financeiros
- 7A.b – 61% - Economia de Insumos
- 7A.c – 36% - Sociais
- 7A.d – 81% - Ambientais

Impactos Ambientais

- 8C.1 – 34% - Água
- 8C.2 – 78% - Energia
- 8C.3 – 53% - Resíduos
- 8C.4 – 25% - Gases (poluição atmosférica)

Nível do Estudo

- 10A – 28% - Micro
- 10B – 44% - Meso
- 10C – 21% - Macro

Foco do Parque Eco Industrial

- 11A – 77% - Reaproveitamento de resíduos
- 11B – 54% - Compartilhamento de Infraestrutura
- 11C – 64% - Reaproveitamento/Cogeração Energética
- 11D – 26% - Compartilhamento de serviços/logística

Fonte: Autor

5.3 Aspectos mais abordados

Dentre os aspectos mais abordados, ressalta-se inicialmente a importância da parceria entre o Estado e a Iniciativa Privada na formação e manutenção dos Parques Eco Industriais (categoria 6). Com exceção da China, não se verificam, nas buscas, outros casos semelhantes onde coube ao Estado arcar com toda a responsabilidade. Não há dúvida, como argumenta CHERTOW (2007), de que parcerias que se estabeleçam naturalmente – baseadas em relações de benefício mútuo – sejam preferíveis e tenham mais chances de sucesso. No entanto, parece fundamental a participação do Estado para fomentar e manter tais parcerias a partir de políticas próprias e incentivos dados. Caso o papel do Estado fosse realmente dispensável, já haveria inúmeros Parques Eco Industriais em funcionamento.

Tal discussão acaba complementando e se relacionando com outro aspecto verificado: a predominância dos parques *Top-Down* (categoria 5). Obviamente, existe uma grande distância entre oferecer incentivos às empresas e planejar exatamente quais indústrias poderiam fazer parte do PEI, mas verifica-se uma relação entre uma maior participação do Estado e os Parques Eco Industriais do tipo *Top-Down*.

Outras categorias que renderam bons resultados foram a 8 (Impactos sustentáveis) e 11 (Foco do Eco Parque). Com base nos resultados encontrados, foi possível verificar a importância dos fluxos de materiais e energia na viabilidade dos PEI pesquisados. Como mencionado anteriormente, há um potencial pouco explorado no que diz respeito ao reaproveitamento (cogeração) energético quando consideradas as usinas de etanol. O país também conta com importantes indústrias na área de papel e celulose que têm um grande potencial para estabelecer relações simbióticas (LEHTORANTA *et al.*, 2011). Ou seja, uma vez que tais fluxos – materiais e energia – contribuam muito para o sucesso e viabilidade dos Parques Eco Industriais, eles deverão ocupar uma posição central no modelo.

Faz-se importante mencionar ainda um aspecto relevante detectado através da leitura do conteúdo dos artigos e não das categorias: a importância de uma empresa/indústria que funcione como “âncora” do Parque Eco Industrial. Ou seja, a existência de uma indústria – geralmente responsável por um impacto ambiental maior – como é o caso do Papel e Celulose (LEHTORANTA *et al.*, 2011), petroquímica (YUNE *et al.*, 2016) ou mesmo químicas (BELAUD *et al.*, 2019) que ocupe uma posição central em torno da qual outras indústrias / empresas acabam orbitando.

5.4 Aspectos pouco explorados

Ao mesmo tempo, estas mesmas categorias (8 e 11) acabaram demonstrando alguns aspectos pouco explorados. Destaca-se, inicialmente, o papel secundário dos impactos sociais. Mais uma vez, é possível que a escolha das palavras-chave tenha contribuído para esta baixa incidência (36%), mas mesmo os artigos que abordam o tema, não o colocam como tópico principal. Pensamos que esse aspecto deve – necessariamente – ser considerado no modelo, especialmente considerado o impacto negativo que uma área industrial pode ter sobre a população que vive ao seu redor (VEIGA; MAGRINI, 2007).

Dentre os focos menos explorados (Categoria 11) o Compartilhamento de serviços / logística com a menor proporção (presente em apenas 26%). Quando esta categoria foi elaborada, o objetivo principal para a sua criação foi justamente buscar mapear relações menos cruciais para a viabilidade do PEI, mas que pudessem indicar a presença de outros tipos de empresas a operar no Parque Eco Industrial. É possível que, devido ao seu impacto ambiental relativamente baixo quando comparado a outras interações, ele tenha sido simplesmente deixado de lado. No entanto, quando se verificam os resultados da categoria 4 (Setor Analisado) nos quais 87% abordavam apenas o setor industrial, percebe-se realmente a existência de uma lacuna a ser mais bem explorada.

5.5 Desdobramentos dos resultados

Através dos resultados obtidos durante a revisão sistemática e a pesquisa realizada para o embasamento teórico do presente trabalho, verificamos a importância e pertinência de se trabalhar – além das diretrizes para implantação de Parques Eco Industriais ou a conversão de parques industriais tradicionais em PEI – com aspectos mais amplos que tratam do processo adotado pelos países para operar tal transição. Na **seção 3.3**, intitulada “Modelos de transição”, apresentamos, brevemente, as estratégias adotadas pela China, União Europeia e Coreia do Sul.

No caso chinês, o que se destaca, é o grande comprometimento do país ao adotar um modelo de desenvolvimento que pudesse manter seu crescimento econômico sem transformá-la em uma espécie de vilão ambiental para o restante do planeta (GENG; SARKIS; ULGIATI, 2016). Já a União Europeia, por não se tratar de um único estado, mas de um grande bloco composto por diversos países com realidades distintas só é capaz de avançar – de forma coordenada – até onde houver um consenso entre seus membros. Desta forma, ainda que entendam a necessidade de operar essa mudança no nível macro ao aprovar diretrizes conjuntas (MCDOWALL *et al.*, 2017), a forma de se operacionalizar é bastante difusa.

É importante ressaltar que, de certa forma, o mesmo acontece na China: ainda que se verifique um forte viés estatal e um direcionamento da legislação e políticas públicas em direção ao objetivo de tornar a produção industrial mais limpa e menos nociva ao meio-ambiente, o governo central está mais preocupado com os resultados

obtidos do que com o método empregado (JIAO; BOONS, 2017). Em outras palavras, as regiões, empresas e governos locais têm autonomia para organizar e fomentar as políticas da forma como melhor entenderem, desde que os resultados sejam positivos (WANG; DEUTZ; CHEN, 2017). No entanto, ainda que esta política mais agressiva tenha resultado em avanços na área, ela também resultou em fracassos de alguns Parques Eco Industriais (LI *et al.*, 2017).

Outro ponto importante, nesses dois exemplos, é que buscar formas de fomentar a Simbiose Industrial e a produção mais limpa é apenas um dos objetivos perseguidos dentro de um projeto bem mais amplo que pode ser chamado de Economia Circular (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019). A Coreia do Sul, por outro lado, ao seguir esse caminho tinha um objetivo bem mais específico: buscar uma forma de revitalizar seus parques industriais tradicionais (BOONS *et al.*, 2017). Para tanto, optou por um caminho bastante estruturado e direcionado envolvendo o governo central, as empresas, as universidades, centros de pesquisas e governos locais (PARK; PARK; PARK, 2019). É justamente essa abordagem em etapas, envolvendo múltiplos atores – aliado ao perfil econômico do país mais próximo ao brasileiro – que acaba tornando o modelo Sul-Coreano tão relevante para o nosso estudo.

6 Modelo Coreano

Conforme vimos na **seção 3.3**, o plano principal do governo da Coreia do Sul, estabelecido pela Corporação Industrial Coreana (KICOX), foi dividido em três fases distintas (BEHERA *et al.*, 2012). A primeira (2005-2009) se caracterizou, principalmente, por buscar estabelecer as bases do programa. A segunda fase (2010-2014) teve como objetivo a expansão do projeto para outras regiões e promover o aumento dos fluxos entre as empresas envolvidas. Já na terceira fase, que foi de 2015 a 2019, o objetivo era completar a rede nacional de Parques Eco Industriais da Coreia e estabelecer um modelo próprio com os ensinamentos aprendidos nas fases anteriores (PARK; PARK; PARK, 2016).

6.1 Modelo Coreano – Nível Macro

Durante a primeira etapa, o desenvolvimento do plano principal foca em compreender os principais fluxos de materiais e energia, as entradas e saídas de matérias-primas, subprodutos e resíduos com o objetivo de transformar dois parques industriais tradicionais em Parques Eco Industriais (PARK *et al.*, 2008). Para conceber e viabilizar o plano, ao invés de replicar estratégias de outras iniciativas internacionais de simbiose industrial, o Centro Nacional Coreano de Produção mais Limpa (KNPCPC) optou por conduzir uma análise SWOT (**figura 6**) dos ambientes internos e externos para parques industriais onde foi considerado o ambiente e contextos únicos da Coreia (PARK; PARK; PARK, 2016). Nesta análise, podemos identificar – entre suas forças – a presença de um parque industrial estabelecido com empresas próximas entre si. Além disso, casos espontâneos de Simbiose Industrial já haviam sido mapeados. Dentre as estratégias para lidar com as fraquezas (identificado como “WO”), destacam-se a criação dos Centros Regionais dos Parques Eco Industriais e a busca de consultoria em outros países.

Durante essa primeira fase, os esforços se concentraram em identificar e fomentar processos de simbiose industrial que fossem mais viáveis e oferecessem menor risco de falha. A implementação foi priorizada para projetos que pudessem obter retornos relativamente maiores com investimentos menores ou que tivessem períodos de retorno mais curtos. Muitos projetos de subprodutos implementados durante a primeira fase não exigiram muito investimento para reprocessamento e

tratamento (PARK; PARK; PARK, 2019). Esta estratégia resultou, nesse primeiro momento, em dezenas de projetos bem-sucedidos de compartilhamento de recursos. O sucesso serviu para mostrar também que os projetos eram economicamente viáveis (PARK; PARK; PARK, 2016). No entanto, com o passar do tempo, tornou-se mais difícil repetir a estratégia, pois as oportunidades para projetos adicionais diminuíram e o orçamento do governo nacional foi limitado (PARK; PARK; PARK, 2019).

Figura 6 - Análise SWOT programa coreano

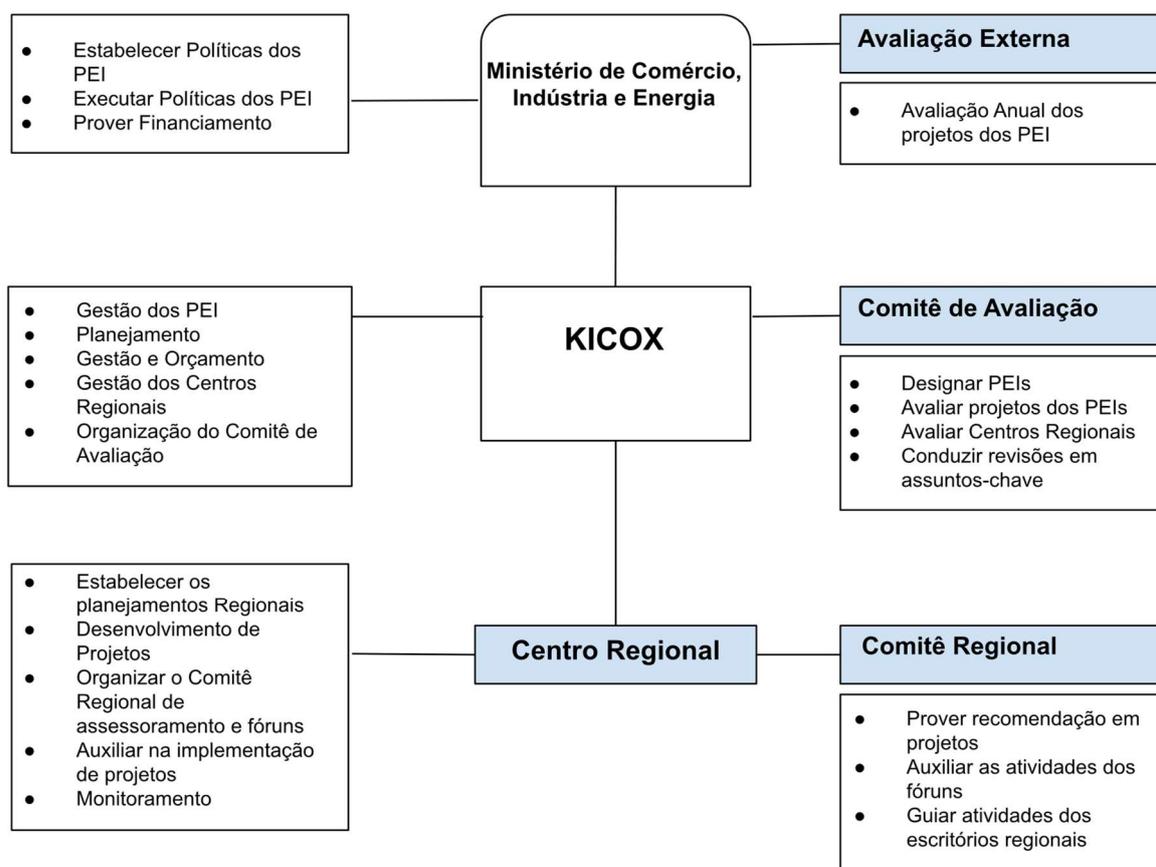
Ambiente Externo		Oportunidades (O)	Ameaças (T)
		<ul style="list-style-type: none"> Regulamentos ambientais mais rigorosos (interno e externo) Interesse crescente do governo em reestruturar as políticas industriais Suporte de ONGs Ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de Recursos (Financeiro, tempo, tecnologia e recursos humanos) Falta de interesse Percepção negativa da comunidade quanto aos complexos industriais
Ambiente Interno		Estratégias (SO)	Estratégias (ST)
		<ul style="list-style-type: none"> Implementação do programa em etapas e utilização de projetos-piloto Disseminação de casos de sucesso Participação dos governos locais 	<ul style="list-style-type: none"> Mobilização dos negócios através de recursos governamentais Treinamento de recursos humanos Promoção da implementação através da integração de sistemas institucionais
Forças (S)	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura Industrial aglomerada Experiencia com desenvolvimento e disseminação de tecnologias de produção limpa Existência de uma política de desenvolvimento industrial sustentável Existência de casos de SI espontâneos 	Estratégias (WO)	Estratégias (WT)
	<ul style="list-style-type: none"> Falta de experts Falta de motivação e visão nos negócios Falta de uma estrutura de dados Infraestrutura envelhecida (antiga) 	<ul style="list-style-type: none"> Criação de centros regionais de planejamento (PEI) Consultoria com experts e instituições de outros países 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação de projetos com base em sua viabilidade Estabelecimento de fóruns e sistemas de coordenação Extensão e Treinamento

Fonte: Adaptado de Park; Park; Park, 2016

Devido ao sucesso dos primeiros projetos-pilotos da primeira etapa, o projeto foi levado adiante (segunda fase) com o objetivo de expandir seus benefícios para demais regiões (SHAH; DONG; PARK, 2020). Enquanto, na primeira etapa, foram utilizados os mesmos critérios de implantação em todos os projetos-pilotos, na segunda etapa os critérios incluíram autoavaliações que refletiam contextos e situações regionais (PARK; PARK; PARK, 2016).

Quando observada a estrutura de organização do modelo coreano (**Figura 7**), a divisão de tarefas e responsabilidades se torna evidente. No entanto, quando considerados os níveis macro, meso e micro, observam-se algumas sobreposições onde a Corporação Industrial Coreana (KICOX) acaba desempenhando um papel com elementos macro e meso e os Centros Regionais de Parques Eco Industriais – ao agregar os diversos *Stakeholders* – acabam operando nos níveis meso e micro, simultaneamente.

Figura 7 - Organização do Modelo Coreano



Fonte: Adaptado de Park; Park; Park, 2016

Independentemente de outras questões, o que chama a atenção na abordagem Coreana é – ao mesmo tempo – seu direcionamento para lidar com uma questão específica da realidade coreana, e também sua capacidade para servir como guia para outras iniciativas para implementação de Parques Eco Industriais em outros lugares do mundo devido a sua flexibilidade (BEHERA *et al.*, 2012).

6.2 Modelo Coreano – Nível Meso

Dentre as características do modelo adotado na Coreia para a transformação de seus parques industriais tradicionais em Parques Eco Industriais, destacam-se dois elementos chaves: o apoio direto exercido pelo governo na forma de financiamento e provimento do apoio institucional necessário, e a facilitação e coordenação promovidas pelos centros regionais dos Parques Eco Industriais (PARK; PARK; PARK, 2019).

O programa sul-coreano estabeleceu esses Centros Regionais para prover serviços de consultoria em diversas áreas envolvendo a Simbiose Industrial e os detalhes técnicos necessários para verificar a viabilidade dos projetos (PARK; PARK; PARK, 2016). Operando como um centro local de execução de projetos, os centros regionais de PEI se envolveram com todo o processo de desenvolvimento, implementação e operação do projeto, reunindo todos os atores relevantes, o que é um papel muito mais ativo do que estabelecer um mercado para compartilhar informações e desenvolver simbiose de forma mais auto-organizada (PARK; PARK; PARK, 2019).

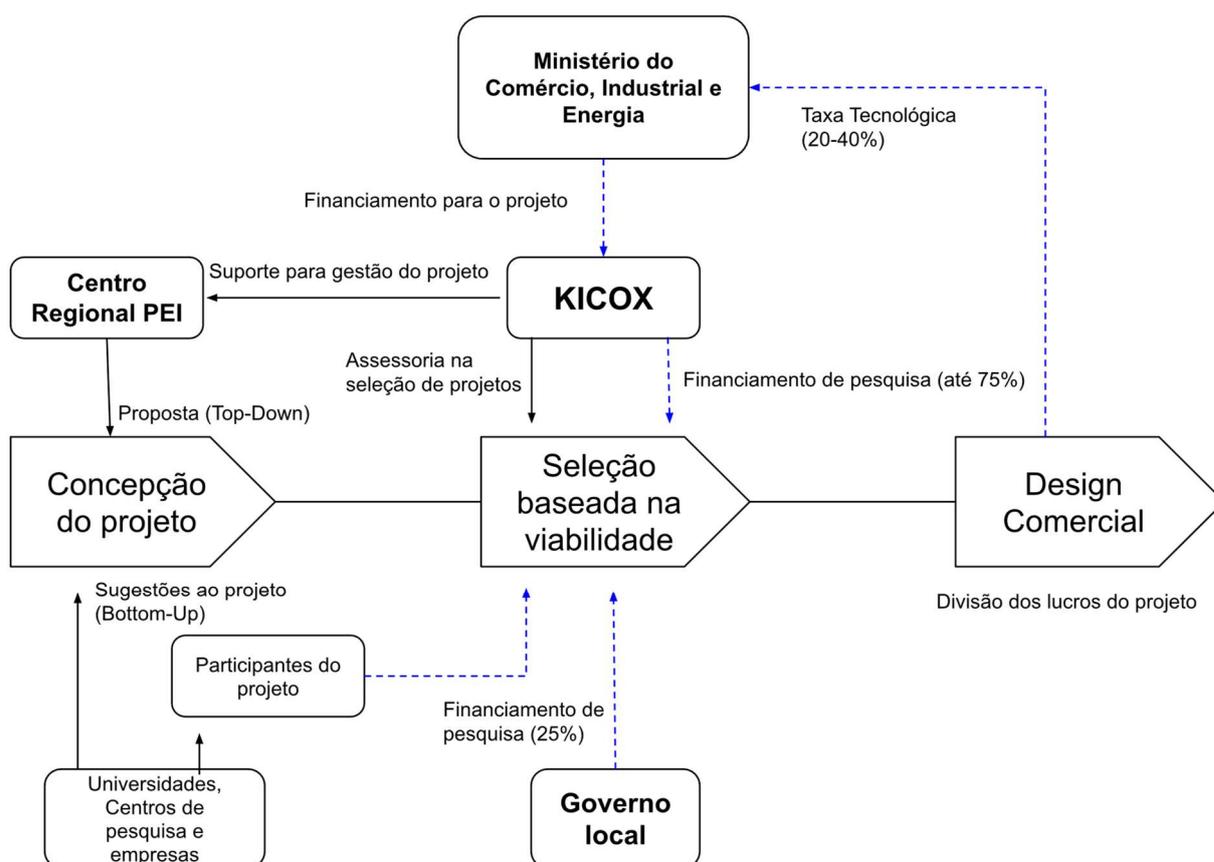
Em termos de sua operação, cada um desses Centros Regionais trabalha com um conselho consultivo (comitê regional) composto por representantes do governo local, membros da academia (universidades e institutos de pesquisa) e representantes das próprias indústrias da região. Este conselho tem, entre outras tarefas, a função de conduzir revisões das propostas apresentadas e fornecer consultoria para a direção geral dos programas regionais (PARK; PARK; PARK, 2016).

Colocando de outra forma, os Centros Regionais acabaram funcionando como um local de reunião onde os diversos *stakeholders* se encontravam para a comunicação, planejamento e tomada de decisões (PARK; PARK; PARK, 2019). Neste sentido, os centros regionais não apenas promovem a comunicação, participação e cooperação do tipo *Bottom-Up* entre a academia, especialistas, governos e as próprias empresas, como também operam no sentido contrário (*Top-Down*) ao serem responsáveis pela avaliação, seleção e financiamento de propostas (PARK; PARK; PARK, 2019).

É importante mencionar que um dos principais aprendizados adquiridos durante a primeira etapa do plano Sul-Coreano foi a importância de se trabalhar a Simbiose

Industrial em um nível regional, pois ela é abrangente o suficiente para oferecer oportunidades de trocas (fluxos de materiais, resíduos, energias), mas restrita o suficiente para permitir que as dinâmicas sociais ocorram com mais dinamismo (PARK; PARK; PARK, 2019).

Figura 8 - Processo de Desenvolvimento do Projeto



Fonte: Adaptado de Park; Park; Park, 2016

Conforme mencionado, promover a transição dos parques industriais tradicionais para Parques Eco Industriais foi uma iniciativa que partiu do governo coreano e não da iniciativa privada ou das próprias indústrias que compõem os parques envolvidos no processo (PARK; PARK; PARK, 2016). Desta forma, é natural que o governo central atue diretamente no processo – tanto no sentido de fornecer apoio institucional quanto em arcar com parte dos gastos necessários para viabilizar a transição. No entanto, a intenção do governo nunca foi a de fornecer todo o suporte

financeiro para que os processos de Simbiose Industrial se concretizassem. Ao invés disso, os recursos tinham como destino principal o processo de auxiliar na etapa de avaliação no sentido de verificar sua viabilidade e os possíveis ganhos econômicos resultantes de sua implementação (PARK; PARK; PARK, 2016). Na **Figura 7** observa-se que, dependendo do caso, o Ministério do Comércio, Indústria e Energia poderia – por intermédio da Corporação Industrial Coreana (KICOX) – financiar até 75% do total. Os 25% restantes ficariam a cargo dos participantes e dos governos locais. No entanto, a parcela mínima para os participantes não poderia ser inferior a 10% (BEHERA *et al.*, 2012).

Os Centros Regionais – que ocupam uma posição de grande destaque no modelo coreano – desempenharam um papel vital na formação de redes de Simbiose Industrial, apresentando as empresas umas às outras, reunindo os *stakeholders* (promovendo a formação de sub-redes) ou incentivando intercâmbios intersetoriais (BEHERA *et al.*, 2012). Um desses Centros Regionais fica localizado na importante região de Ulsan e criou uma estrutura de P&D com o objetivo de desenvolver essas redes simbióticas (promovendo um estudo de viabilidade), negociar com *stakeholders* (para reduzir os riscos de falha das redes) e atrair novos parceiros (propondo a repartição dos benefícios entre eles) (BEHERA *et al.*, 2012).

Esta estrutura de P&D segue certas regras e princípios para algumas das atividades consideradas críticas, como recrutamento de potenciais novos parceiros, avaliação de viabilidade, desenvolvimento de modelo de negócio e comercialização. São elas:

- **Regras para a seleção de novos parceiros:** os parceiros em potencial são selecionados com base na sua proximidade geográfica e vontade de participar / cooperar no desenvolvimento da Simbiose (sinergia). (BEHERA *et al.*, 2012).
- **Regras para o estabelecimento do modelo de negócio:** considerado o passo mais importante antes da implementação, os fatores fundamentais a serem buscados são verificar se: **a)** a simbiose industrial pode ser alcançada com a tecnologia disponível atualmente; **b)** os benefícios colhidos serão maiores do que os investimentos necessários;

e **c)** as atividades de simbiose industrial estarão em consonância com a legislação vigente (BEHERA *et al.*, 2012)

- **Princípios seguidos durante a negociação:** considerada a etapa mais delicada antes da implementação da parceria, a negociação deve contemplar o compartilhamento dos benefícios com base no valor gerado pela sinergia. Sendo assim, nesta fase, o benefício é proporcionalmente compartilhado com base nos investimentos no desenvolvimento de infraestrutura para uma rede de sinergia específica (BEHERA *et al.*, 2012).

6.3 Modelo Sul-Coreano – Nível Micro

Ao se considerar o nível macro como o responsável pela elaboração das diretrizes, criação e coordenação das políticas públicas, o nível intermediário (meso) como o responsável por colocar tais políticas e diretrizes em prática, verifica-se no nível micro as próprias interações e sinergias resultantes desses processos. Conforme previamente apresentado, na primeira fase do plano de transição coreano – que ocorreu entre os anos 2005 e 2009 – suas bases foram lançadas e testadas (PARK *et al.*, 2008).

Por se tratar de uma etapa fundamental para a continuidade do projeto como um todo, as interações perseguidas se concentraram nas trocas que foram mais viáveis e representavam o menor risco de fracasso (PARK; PARK; PARK, 2019). Neste sentido, a prioridade foi dada a projetos que pudessem obter retornos proporcionalmente mais altos, com investimentos mais baixos e um período de retorno mais curto (PARK; PARK; PARK, 2016). Durante esse período, a maioria dos projetos foi concluída no prazo de um ano, mas a conclusão de alguns demorou até quatro anos. Um projeto que requer a construção de infraestrutura apropriada, como tubulações, ou um projeto que envolve qualquer mudança ou expansão de linhas de produção acaba levando mais tempo do que um que não requer alterações substanciais nos processos existentes (PARK; PARK; PARK, 2016). Neste sentido, projetos voltados a cogeração ou reaproveitamento energético geralmente necessitam de um investimento maior para realizar instalação de equipamentos ou dutos necessários, o que acaba impactando negativamente no aumento do tempo de implementação e diminui a taxa de retorno (PARK; PARK; PARK, 2016). Projetos com ênfase na troca de resíduos, por outro lado, geralmente têm um prazo menor para a sua implantação e tendem a ter elevadas taxas de retorno, podendo por vezes atingir até 2000 ou 3000% (PARK; PARK; PARK, 2016).

O tamanho dos benefícios econômicos por projeto, no entanto, foi menor na segunda fase devido ao desenvolvimento de projetos menores por pequenas e médias empresas (PARK; PARK; PARK, 2019). Por outro lado, o investimento privado feito pelas empresas participantes aumentou ao longo do tempo. O que pode ser lido como um indicativo de que mais empresas reconheceram os benefícios obtidos através da Simbiose Industrial e, portanto, se dispuseram a investir mais para obter retornos

financeiros (PARK; PARK; PARK, 2019). A proximidade entre as indústrias pode reduzir os custos de transporte e da transição para a simbiose industrial e a diversidade na composição industrial pode fornecer maiores oportunidades para as trocas de insumos, resíduos e produtos. Este ambiente, tecnicamente propício, forneceu a base para a Coreia estabelecer sua rede nacional de Parques Eco Industriais (PARK; PARK; PARK, 2016). No entanto, o que se verificou – conforme o projeto avançava – foi a expansão dos projetos de Simbiose Industrial além das fronteiras das áreas-alvo inicialmente previstas (PARK; PARK; PARK, 2019).

Finalmente, vale salientar os três critérios críticos para estabelecer as conexões de Simbiose Industrial: (1) benefícios econômicos na redução de custos, recursos e resíduos, (2) avanços técnicos e tecnológicos para que a simbiose industrial ou sinergia de recursos seja capaz de cumprir a regulamentação ambiental e (3) endosso e/ou aprovação do governo para a utilização de resíduos ou subprodutos (PARKS; WON, 2007).

7 Diretrizes para o Brasil

Nesta etapa final do trabalho buscaremos – através da conjunção dos resultados das pesquisas desenvolvidas durante a elaboração do referencial teórico, a revisão sistemática sobre o design dos parques eco industriais e o detalhamento do modelo coreano – trazer uma proposta de diretrizes para a implantação e conversão de parques industriais tradicionais em PEIs. Assim como fizemos em outras etapas do trabalho, optamos por dividir tais diretrizes de acordo com seus níveis.

No nível macro, discutiremos as diretrizes mais gerais e que serão apresentadas em um nível nacional. Em seguida, traremos as ações em nível regional (meso) e finalmente, as de nível local (micro). É importante destacar que, em alguns momentos, haverá uma sobreposição entre dois níveis.

7.1 Macro

Quando pensamos em diretrizes para implantação de Parques Eco Industriais em nível macro, imediatamente consideramos a importância do papel do estado como elemento fundamental para a sua implantação e posterior sucesso. Conforme vimos anteriormente, esse foi o caso da China através de sua ampla política voltada para uma transição rumo a uma Economia Circular (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016), assim como ocorre no âmbito da União Europeia (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017) e, no caso do plano sul-coreano, apresentado em detalhes na seção anterior.

Infelizmente, até o presente momento, o Brasil não conta com políticas públicas direcionadas a esse fim. Nossa legislação federal sobre o tema da poluição industrial data ainda da década de 1970 através do Decreto-Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975 que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais e o Decreto nº 76.389, de 3 de outubro de 1975. Este, por sua vez, apresenta as medidas de prevenção e controle da poluição industrial, de que trata o Decreto-lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975, além de dar outras providências relativas ao tema. Como ponto positivo desta ausência, destacamos a possibilidade – assim como procuramos fazer ao longo deste trabalho – de aprender com outras experiências e partir de um ponto de partida mais consolidado. Além disso, ao

contrário da Coreia do Sul, nossa legislação atual não impõe restrições que dificultem a Simbiose Industrial. No caso coreano, a legislação restringia o acesso de indústrias ambientais voltadas ao processamento, reciclagem de subprodutos e calor residual aos parques industriais (PARK; PARK; PARK, 2016).

Uma vez que o principal objetivo deste trabalho é apresentar diretrizes para a implantação de Parques Eco Industriais no Brasil, entendemos que o exemplo sul coreano, por se focar exatamente nesta questão – além de sua flexibilidade e das características da própria Coreia do Sul como país emergente – faz dele uma base sólida para esta tarefa. No entanto, não podemos desconsiderar as diferenças existentes nesses dois países. Segundo os dados mais recentes apurados pelo Censo Demográfico de 2022 realizado pelo IBGE², o Brasil tem 203.062.512 habitantes, enquanto a Coreia do Sul conta – de acordo com a edição 2023 do *World Fact Book*³ – com uma população estimada em 51.996.948 de habitantes. Ou seja, praticamente $\frac{1}{4}$ da população brasileira. Ainda que essa seja uma diferença expressiva, é no tamanho dos territórios e na forma como essas populações se distribuem neles que representam as maiores diferenças.

Colocando de outra forma, o Brasil é um país de dimensões continentais, com uma população distribuída de forma bastante desigual e com enormes diferenças regionais. Ainda que a Coreia do Sul também tenha diferenças regionais, seu território é bem menor e registra uma das maiores densidades demográficas do mundo. Desta forma, ainda que vários aspectos do modelo sul-coreano possam ser aproveitados, será necessário fazer algumas adaptações para que ele tenha melhores chances de sucesso.

Ainda que o plano coreano tenha sido pensado, planejado e executado de forma nacional, podemos dizer que os elementos mais importantes se encontram em um nível regional (PARK; PARK; PARK, 2019). Sendo assim – e dadas as diferenças regionais brasileiras – entendemos que a formação de um grupo de trabalho nacional seja essencial para definir suas metas e objetivos, mas também deliberar como realizar a divisão do território em termos de regiões industriais, pois seriam dentro dessas fronteiras – assim como no modelo coreano – que operariam os Centros

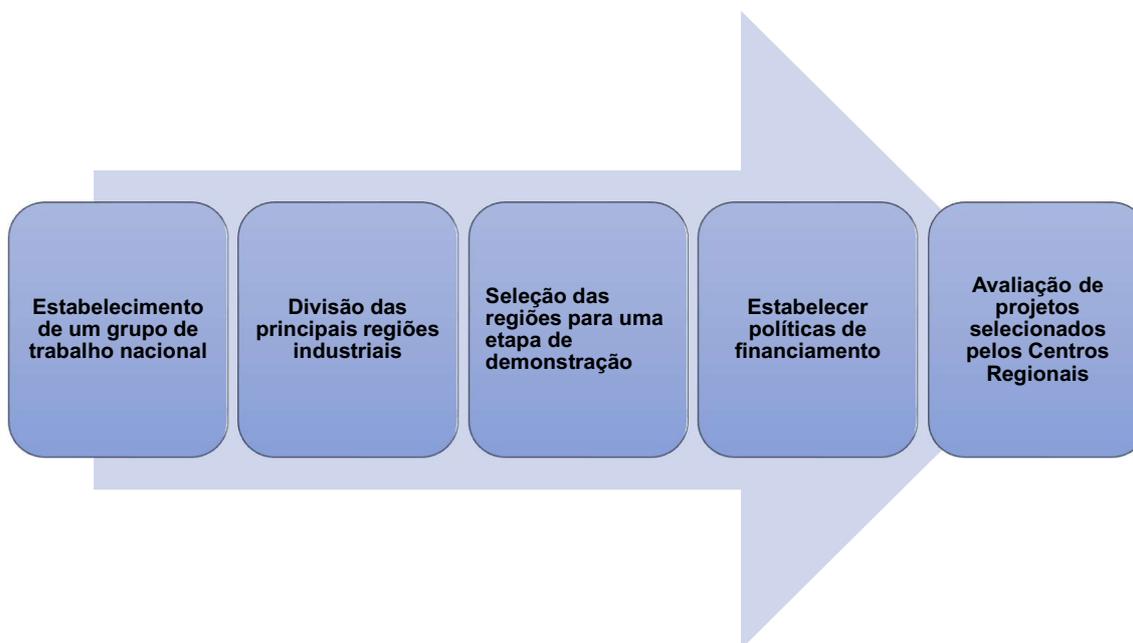
² Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>

³ Disponível em: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/korea-south/>

Regionais. Dependendo dos critérios e dadas nossas disparidades regionais, alguns estados da federação mais industrializados poderiam acabar contando com vários Centros Regionais, enquanto outros não teriam nenhum.

Portanto, pensando do ponto de vista macro, podemos estabelecer algumas ações gerais necessárias para que o processo de transição possa ocorrer (**Figura 9**). Neste sentido, conforme mencionamos anteriormente, a formação de um grupo de trabalho nacional seria o primeiro passo. Este grupo – formado por especialistas, acadêmicos, representantes da indústria, políticos e representantes da sociedade civil – teria, entre suas principais funções, a tarefa de mapear e dividir as regiões industriais de forma a equilibrar a importância econômica da região e buscar um desenvolvimento de regiões menos desenvolvidas. Posteriormente, também ficariam responsáveis pela avaliação final dos projetos elaborados e enviados pelos centros regionais, em especial, aqueles que seriam elegíveis a receber financiamento por parte dos governos.

Figura 9 - Etapas Macro



Fonte: Autor

Assim como ocorreu na Coreia do Sul, entendemos que o processo de transição precisa ocorrer em etapas e de forma gradual (PARK; PARK; PARK, 2019)

para que tenha uma maior chance de sucesso. Desta forma, o ideal – assim como ocorreu na Coreia do Sul – seria que a primeira etapa fosse voltada ao aprendizado (PARK *et al.*, 2008) e abarcasse regiões com maiores concentrações industriais, pois o sucesso na primeira etapa seria fundamental para a continuidade do programa. Portanto, após proceder com a divisão das regiões é necessário selecionar quais delas irão participar da etapa inicial. Outra tarefa importante do ponto de vista macro é estabelecer como se dará – por parte do governo – a política de apoio e financiamento a ser adotada.

No caso coreano, como vimos na seção anterior, o governo não pretendia que seu apoio financeiro fornecesse todos os investimentos necessários para realizar a simbiose industrial. Ao invés disso, os fundos governamentais destinavam-se a ajudar as empresas a examinarem potenciais benefícios econômicos na fase do estudo de viabilidade (PARK; PARK; PARK, 2016). No caso brasileiro, as universidades públicas poderiam ocupar uma posição de destaque nesse sentido, pois estão espalhadas por todas as regiões do país e contam com docentes, técnicos e discentes que poderiam auxiliar nesse processo através de parcerias e editais específicos. Outras formas de apoio também seriam importantes, mas serão abordadas na seção seguinte. É importante salientar que, durante a revisão sistemática, encontramos uma grande prevalência de casos (77% do total) em que os incentivos para a criação e manutenção dos parques eco industriais (**categoria 6**) vinham de forma mista dos setores público e privado.

7.2 Meso

Assim como ocorreu no modelo coreano, consideramos o nível regional como o mais importante para incentivar a simbiose industrial (PARK; PARK; PARK, 2019). Neste sentido, o estabelecimento dos centros regionais para a promoção da simbiose industrial ocuparia o ponto central no modelo. Em nossa pesquisa, encontramos uma prevalência para modelos do tipo *Top-Down* na implantação dos parques eco industriais (59% dos trabalhos). No entanto, entendemos a participação de todos os *stakeholders* na tomada de decisões como ponto crucial para o sucesso. Portanto, ainda que os modelos mistos – que mesclam elementos *Bottom-up* e *Top-Down* – representem apenas 21% dos casos, este seria o modelo mais adequado por acomodar os pontos de vista e demandas de todos os envolvidos.

Importante mencionar que um dos elementos menos abordados – ou negligenciados – nos artigos selecionados foi o aspecto social da sustentabilidade (mencionado em 36% dos artigos). Neste sentido – ao menos no Brasil – não podemos deixar de considerar o impacto negativo das atividades industriais nas populações locais (CEGLIA; ABREU; DA SILVA FILHO, 2017) como um elemento central a ser considerado em nossa diretrizes. Desta forma, consideramos crucial a participação de representantes destas comunidades nos centros regionais, juntamente – assim como ocorreu na Coreia do sul – com representantes das indústrias, empresas, governos locais e da comunidade acadêmica (SHAH; DONG; PARK, 2020).

Conforme mencionado anteriormente, no caso coreano, a decisão de tornar a produção industrial mais sustentável foi algo que partiu do governo central (PARK *et al.*, 2008), mas sua intenção nunca foi a de arcar com os custos financeiros desta transição (PARK; PARK; PARK, 2019). Ao invés disso, o que se procurou foi oferecer parte dos recursos necessários para financiar os estudos necessários para verificar a viabilidade de possíveis projetos de simbiose industrial (BEHERA *et al.*, 2012). No entanto, no nível local, quando tais projetos envolvessem obras de infraestrutura ou outras ações com potencial para trazer benefícios às comunidades, os governos locais acabaram se envolvendo diretamente e provendo parte dos recursos necessários (PARK; PARK; PARK, 2016).

Entendemos que promover benefícios adicionais a projetos que tenham um impacto positivo nessas comunidades locais ou nas cidades próximas é uma

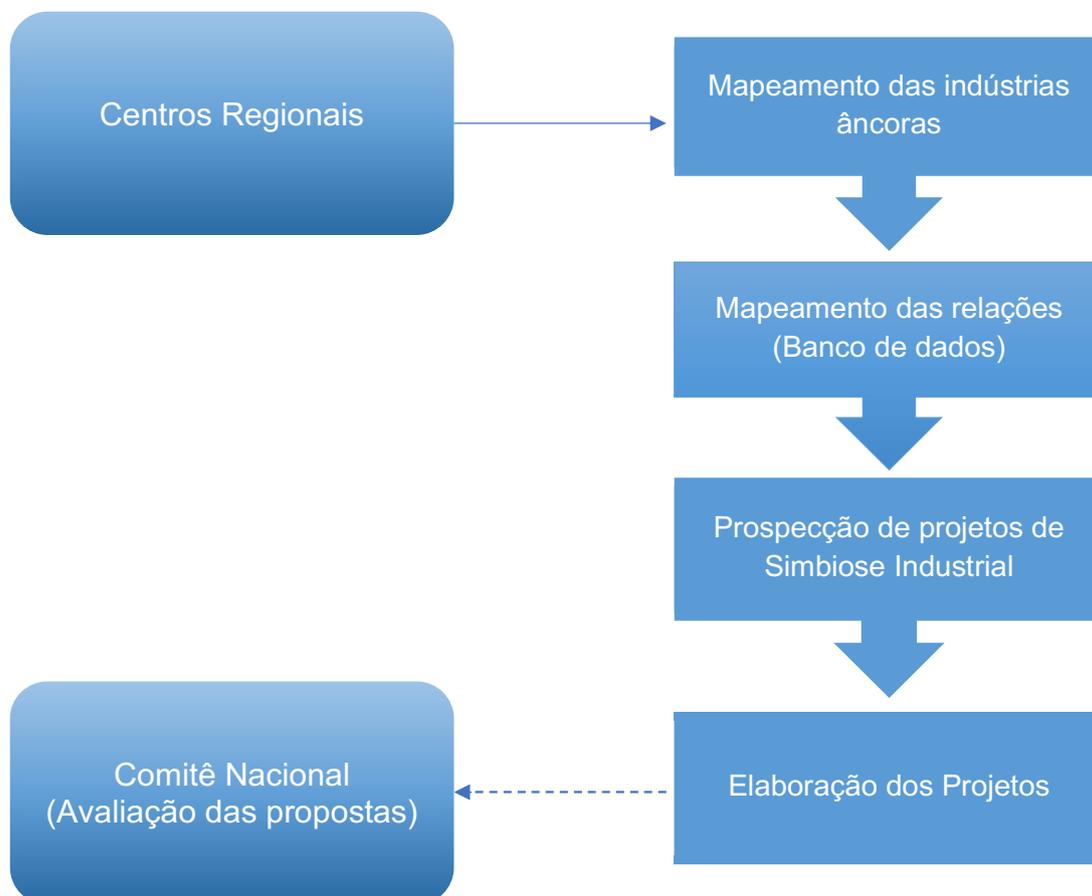
característica importante a ser considerada no caso brasileiro. Aqui retornamos ao famoso exemplo de Kalundborg – na Dinamarca – onde os fluxos térmicos excedentes são direcionados para prover o aquecimento de milhares de residências na região (VALENZUELA-VENEGAS *et al.*, 2018). Desta forma, a criação de mecanismos de financiamento público para a execução de projetos que revertam em ganhos sociais pode ser uma importante estratégia a ser adotada.

Quando pensamos – do ponto de vista teórico – em fatores que facilitam a simbiose industrial, a proximidade física entre as empresas é um dos que mais se destacam (BALDWIN, 2008). No entanto, ainda que ela traga vantagens, diversos exemplos práticos nos mostram que esse não é fator determinante para que ela ocorra (VALENZUELA-VENEGAS *et al.*, 2018). Durante a segunda etapa do plano coreano (2010-2014), quando o objetivo foi expandir o projeto para outras regiões e buscar formas de aumentar os fluxos entre as empresas (PARK; PARK; PARK, 2016), o que se verificou foi o aumento da distância média em que essas relações se davam (PARK; PARK; PARK, 2019). Desta forma, assim como a distância entre os fluxos tem a tendência de aumentar, a região diretamente afetada também se expande, abrindo um leque maior de possibilidades para fomentar projetos que tenham um impacto positivo do ponto de vista social.

Uma das principais tarefas em que os centros regionais poderiam atuar seria na prospecção de projetos de simbiose industrial (maiores detalhes na **Figura 10**). Tanto naqueles com foco entre as indústrias quanto em projetos de simbiose que pudessem resultar em impactos positivos para as comunidades locais. Entre as estratégias a serem adotadas para atingir essa finalidade, assim como no caso coreano, estaria a criação de banco de dados com os resultados do mapeamento das relações encontradas nas regiões industriais (PARK *et al.*, 2008). No entanto, baseado nas pesquisas realizadas para o presente trabalho, sugerimos uma etapa anterior: o mapeamento de indústrias que possam atuar como “âncoras”, pois elas acabam desempenhando um papel central na viabilidade de um parque eco industrial na medida em que têm a capacidade de fornecer um suprimento constante aos demais parceiros (WANG *et al.*, 2015). Este acaba sendo um ponto muito importante, pois o fato de que um determinado resíduo ou subproduto possa ser usado como matéria-prima para outro processo produtivo não garante a viabilidade da simbiose. Também

é necessário manter um determinado suprimento para que ela seja realmente economicamente viável (BALDWIN, 2008).

Figura 10 - Etapas Meso

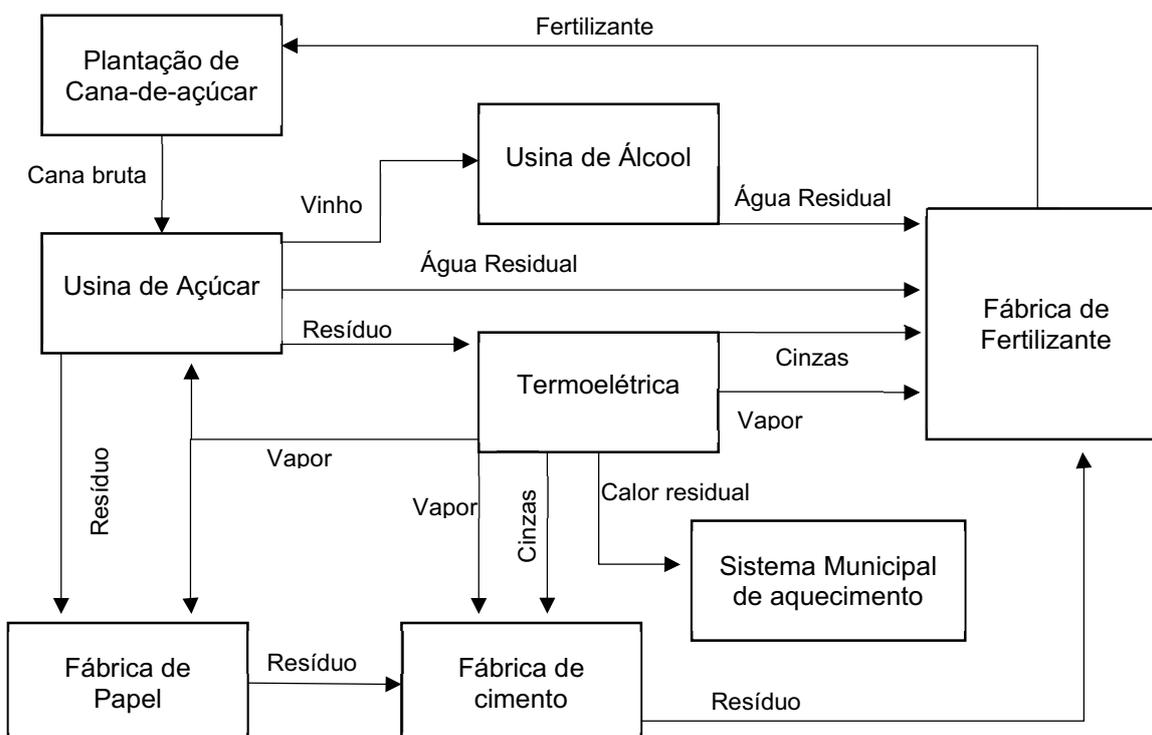


Fonte: Autor

Uma das questões já levantadas neste trabalho é a possibilidade de incorporar nossa grande produção e processamento da cana-de-açúcar aos parques eco industriais. Foi justamente isso que o parque eco industrial chinês de Guangxi Guigang, através de uma abordagem *Top-Down*, conseguiu alcançar ao conectar diversas empresas, formando uma rede fechada através da qual são trocados resíduos, energia e subprodutos (WANG *et al.*, 2015). Ainda que esse seja um caso muito distante do que estamos buscando nesse trabalho, pois se trata de parque eco industrial totalmente planejado e construído com recursos públicos, ele pode servir de exemplo de como combinar outros setores ao industrial. Na **Figura 11**

apresentaremos um esquema contendo as empresas e principais trocas no Parque Eco Industrial de Guangxi Guigang.

Figura 11 - Parque Eco Industrial de Guangxi Guigang



Fonte: Adaptado de Wang et al., 2015.

Como podemos observar, o que se criou foi uma cadeia eco industrial formada por seis sistemas que incluem, entre outras, as próprias áreas de cultivo de cana-de-açúcar, as operações de refino de açúcar, vinificação, fabricação de papel, cogeração de energia e calor e tratamento dos resíduos. No caso chinês, essa configuração foi adotada para reduzir a escassez de energia e lidar com o problema ambiental causado pela produção de água residual proveniente da produção do álcool (WANG et al., 2015).

7.3 Micro

Nas duas seções anteriores, apresentamos as diretrizes em níveis mais amplos – nacional e regional – mas é no nível local que as relações de Simbiose Industrial efetivamente acontecem. Dentre as discussões teóricas mais importantes, a forma como essas relações são forjadas é uma questão que não pode ser ignorada. Nesse sentido, antes de entrarmos nos principais tipos de trocas a serem perseguidas, entendemos que – assim como o mapeamento das indústrias âncora proposto na etapa meso – existe uma tarefa importante a ser realizada antes de planejar novas relações: a busca por casos espontâneos de simbiose industrial. Ainda que a identificação de um sistema complexo seja bastante improvável, tais relações espontâneas podem servir como ponto de partida para o estabelecimento de novas conexões (CHERTOW, 2007). No caso sul-coreano, por exemplo, encontramos listadas entre as forças (S) na análise SWOT (**Figura 6**) justamente a menção à “existência de casos de SI espontâneos”.

Assim como a existência de uma importante indústria âncora, identificar a presença de casos de Simbiose Industrial espontâneos poderia servir como critério importante para a seleção de projetos ou mesmo de quais regiões participariam da etapa piloto. Como ponto possivelmente negativo, é importante mencionar que, analisando o caso da Coreia do Sul, a presença de casos pré-existentes de simbiose industrial ou mesmo o incentivo de novas relações planejadas não resultaram na criação, de forma orgânica, de novas relações (PARK; PARK; PARK, 2019). Tal fato, de acordo com estudos realizados, pode estar associado à falta de integração entre as questões ambientais e a tomada de decisões gerenciais dentro das organizações coreanas, o que acabou por bloquear o desenvolvimento espontâneo da Simbiose Industrial (PARK; PARK; PARK, 2019). Ainda assim, mesmo sem resultar em um aumento natural dos casos de Simbiose Industrial, o sucesso do projeto e o compartilhamento de suas conquistas econômicas e ambientais aumentaram o interesse de outras empresas e *stakeholders* na região, gerando confiança sobre a iniciativa e, portanto, criando impulso para o programa de transição como um todo (PARK; PARK; PARK, 2016).

Caso a busca por essas relações não renda resultados concretos, ainda é possível buscar por redes e parcerias pré-existentes que possam servir como ponto de partida para fomentar novas parceiras (CHERTOW, 2007).

Partindo para os principais tipos de relações a serem perseguidas, quando analisamos os dados coletados durante nossa revisão sistemática, encontramos algumas informações interessantes e que podem nos guiar nessa etapa. Observando os resultados das categorias 8 (**impactos ambientais**) e 11 (**foco do parque eco industrial**), verificamos uma forte concentração em dois aspectos em especial: o reaproveitamento de resíduos e a cogeração energética. Quando voltamos ao modelo sul-coreano, no que diz respeito aos tipos de trocas perseguidas na primeira etapa do plano, encontramos exatamente essas relações como os principais alvos (PARK; PARK; PARK, 2016).

Mais uma vez, o que o exemplo sul-coreano nos mostra – pensando do ponto de vista dos custos, taxas de retorno e tempo de execução – é uma grande vantagem em favor dos projetos visando o reaproveitamento de resíduos (PARK; PARK; PARK, 2019). No entanto, caso tais projetos beneficiassem apenas as empresas diretamente envolvidas nos fluxos, não faria muito sentido que houvesse um financiamento direto do governo além do já fornecido através do apoio dos Centros Regionais ou possível disponibilização de linhas de crédito específicas para este fim.

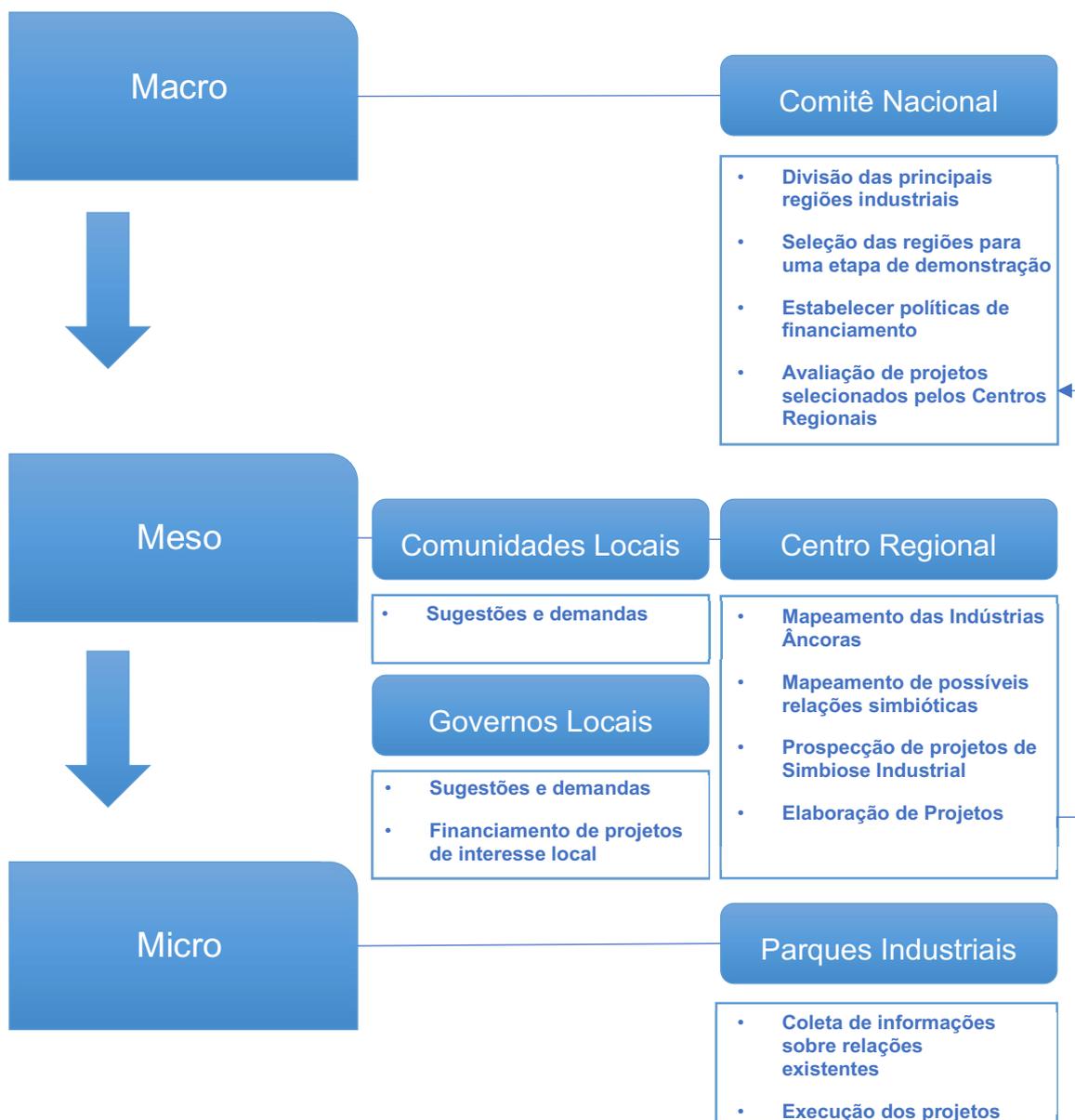
7.4 Quadro Geral

Na **Figura 12** apresentamos uma visão geral das diretrizes propostas. Destacamos, no nível Macro, o papel do “Comitê Nacional” que teria entre suas principais atribuições a tarefa de dividir e selecionar as regiões que iriam participar do processo de transição. Além disso, também cabeira a ele a função de estabelecer diretrizes para o financiamento e atuar como uma banca de avaliação dos projetos propostos pelos centros regionais.

No nível Meso, onde estão concentrados os principais *stakeholders*, destacamos a importância da elaboração dos projetos que serão submetidos ao comitê nacional e posteriormente colocados em prática. Tais projetos, contemplariam, preferencialmente – no caso de buscarem financiamento estatal – as sugestões e demandas de governos e comunidades diretamente impactadas pelos complexos industriais. Caberia também aos Centros Regionais a tarefa de mapear os principais fluxos de materiais e energia, para que novas relações simbióticas pudessem ser propostas e identificar as principais “indústrias âncoras” na região.

Finalmente, no nível local (micro) caberia duas importantes tarefas: buscar por relações – geralmente bilaterais – de simbiose industrial estabelecidas de forma espontânea e a execução dos projetos.

Figura 12 - Quadro Geral das Diretrizes



Fonte: Autor

8 Conclusão

O principal objetivo do presente trabalho foi a elaboração de um conjunto de diretrizes que possam ser aplicadas durante o processo de implementação de Parques Eco Industriais no Brasil. O que buscamos ao reunir e apresentar esse conjunto de diretrizes – dada as características brasileiras em suas dimensões políticas, econômicas, espaciais, sociais, legais e nosso estágio ainda incipiente nesta área – foi adotar uma abordagem pragmática à questão. Neste sentido, ao invés de trilhar um caminho que resultasse em um modelo ideal (o que demandaria um ambiente político e econômico igualmente ideais), optamos por abordagens que pudessem resultar em maiores chances de sucesso.

Ainda que tivéssemos algumas ideias pré-concebidas de como o processo poderia se dar, é importante mencionar que tais diretrizes foram tomando forma de acordo com os resultados encontrados nas diversas pesquisas realizadas durante a elaboração do presente trabalho e muitas dessas ideias pré-concebidas se mostraram incorretas ou incompletas. Neste sentido, é importante mencionar a mudança de foco da busca de um modelo de Parque Eco Industrial totalmente projetado (tipo *Top-Down* espelhando alguns exemplos chineses) para diretrizes voltadas no sentido de realizar uma transição de complexos industriais tradicionais em Parques Eco Industriais. A percepção de que a atividade industrial – para que seja economicamente viável – depende de um fluxo adequado e constante de matérias-primas e energia, também alterou nosso foco, levando a questão dos Parques Eco Industriais Mistos – geralmente compostos por indústrias e empresas de médio e pequeno porte – para uma futura pesquisa.

Durante o processo de elaboração das diretrizes, a realização da revisão sistemática da literatura se mostrou uma peça central, pois além de nos municiar com dados importantes quanto à forma de financiamento (público ou privado), planejamento (*Bottom-Up* ou *Top-Down*), principais tipos de relações (reaproveitamento de resíduos e cogeração energética), características mais difundidas e até suas lacunas (pouca atenção destinada ao aspecto social), também forneceu material e caminhos para outras etapas da pesquisa.

Dentre essas etapas destacamos, inicialmente, a elaboração de nosso referencial teórico onde buscamos descrever o design e os principais conceitos

ligados aos Parques Eco Industriais. Durante esta pesquisa, além do contato com trabalhos seminais e suas respectivas bases teóricas que serviram de alicerce para nosso referencial, conseguimos reunir elementos práticos que puderam ser incorporados em nossa etapa final. Dentre eles, destacamos a estratégia de mapear as chamadas “indústrias âncoras” e utilizar relações simbióticas ou redes pré-existentes como pontos de partida para o estabelecimento de novas trocas entre empresas. Em seguida, ao apresentar o caso de Kalundborg, foi possível verificar como alguns fluxos de materiais e energia poderiam contribuir, positivamente, para as comunidades locais.

Finalmente, a partir da descrição dos modelos de transição adotados por outros países (China, União Europeia e Coreia do Sul) identificamos – em primeiro lugar – a importância de se considerar esse aspecto em nosso conjunto de diretrizes e a inadequação dos modelos chinês e europeu à realidade brasileira. O primeiro foi descartado devido à necessidade de um comprometimento total do país e de todos os *stakeholders* e o segundo devido à falta de um caminho definido, aliado a um viés mais próximo da iniciativa privada e com menor participação estatal, algo que, assim como na Coreia do Sul, parece não render os resultados esperados.

Portanto, o que buscamos com este trabalho foi a elaboração de uma rota factível para, ao menos, iniciar a transição de parte de nossa produção industrial para um modelo mais limpo e mais sustentável. Para isso, optamos por buscar na literatura os caminhos apontados como os mais bem sucedidos, além de reunir elementos menos óbvios que pudessem nos auxiliar nesta tarefa. Além disso, selecionamos o modelo de transição sul-coreano como base para o nosso, pois, apesar das diferenças entre os dois países, identificamos como um caso de sucesso que pode ser adaptado para lidar com essas diferenças.

Nossa pesquisa, além de oferecer algumas respostas, abriu espaço para novas dúvidas e caminhos que podem ser trilhados em trabalhos futuros. Dentre eles, destacamos – no campo das políticas públicas – o aprofundamento das discussões sobre a legislação necessária para transformar tal transição rumo à sustentabilidade em uma política de Estado e a forma como a contrapartida financeira do governo poderia ocorrer. Já do ponto de vista da administração, destacamos a busca pela elaboração de um modelo de Parque Eco Industrial que possa ser validado, a busca

por mapear as relações mais comuns e que possam ser replicadas em outros locais e, finalmente, a elaboração de uma pesquisa baseada na experiência de uma participação direta em um projeto de implementação de um Parque Eco Industrial.

9 Bibliografia

AL-QURADAGHI, S.; ZHENG, Q. P.; ELKAMEL, A. Generalized framework for the design of eco-industrial parks: Case study of end-of-life vehicles. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 12, n. 16, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85089854018&doi=10.3390%2Fsu12166612&partnerID=40&md5=9b9ccd0370fe5dc d2cd80ff26a747aa4>.

AMUI, L. B. L. *et al.* Sustainability as a dynamic organizational capability: a systematic review and a future agenda toward a sustainable transition. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 142, p. 308–322, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.103>.

BALDWIN, J. S. Industrial ecosystems: An evolutionary classification scheme. **Progress in Industrial Ecology**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 277–301, 2008. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-57549089688&doi=10.1504%2FPIE.2008.021920&partnerID=40&md5=f84411cc2bf d0912d667fe006cd0b4cd>.

BEHERA, S. K. S. K. K. *et al.* Evolution of “designed” industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: “Research and development into business” as the enabling framework. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 29–30, p. 103–112, 2012. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84862805311&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2012.02.009&partnerID=40&md5=4946fa32 7d888f337d8cd9d274dd7e9f>.

BELAUD, J.-P. P. *et al.* A circular economy and industrial ecology toolbox for developing an eco-industrial park: perspectives from French policy. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 967–985, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067343548&doi=10.1007%2Fs10098-019-01677-1&partnerID=40&md5=37b58510cc3ac73e72b4066b64803d03>.

BOONS, F. *et al.* Industrial Symbiosis Dynamics and the Problem of Equivalence: Proposal for a Comparative Framework. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 938–952, 2017.

CEGLIA, D.; ABREU, M. C. S. de; DA SILVA FILHO, J. C. L. Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: Social barriers to be overcome. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 187, p. 375–383, 2017.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, [s. l.], v. 25, p. 313–337, 2000.

CHERTOW, M. R. “Uncovering” industrial symbiosis. **Journal of industrial Ecology**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 11–30, 2007.

COHEN-ROSENTHAL, E.; KORHONEN, J.; HUISINGH, D. Making sense out of industrial ecology: A framework for analysis and action. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 12, n. 8–10, p. 1111–1123, 2004. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-2442453299&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2004.02.009&partnerID=40&md5=5c84a02976ac734c30a888e79711f9af>.

CONTICELLI, E.; TONDELLI, S. Eco-industrial parks and sustainable spatial planning: A possible contradiction?. **Administrative Sciences**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 331–349, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85015766680&doi=10.3390%2Fadmsci4030331&partnerID=40&md5=8f628b72218e6c0485a36159c1f19502>.

CÔTÉ, R. P.; COHEN-ROSENTHAL, E. Designing eco-industrial parks: A synthesis of some experiences. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 6, n. 3–4, p. 181–188, 1998. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0032291076&doi=10.1016%2Fs0959-6526%2898%2900029-8&partnerID=40&md5=88d80619a0121b72eb7df9dacao06cb7>.

CRESWELL, JOHN W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto**. Porto Alegre: Grupo A, 2021. *E-book*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581334192/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

DE LIMA CANEPPELE, F. *et al.* Cogeração De Energia Em Usina Sucroalcooleira Almejando Sustentabilidade. **Expressa Extensão**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 45–59, 2020.

ELABRAS VEIGA, L. B.; MAGRINI, A. Eco industrial parks in Rio de Janeiro state,

Brazil: A proposal for brownfield revitalization. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, [s. l.], v. 141 PART I, p. 195–205, 2010.

ELKINGTON, J. ACCOUNTING FOR THE TRIPLE BOTTOM LINE. **Measuring Business Excellence**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 18–22, 1998. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/eb025539/full/html>.

ERKMAN, S. Industrial ecology: A new perspective on the future of the industrial system. **Swiss Medical Weekly**, [s. l.], v. 131, n. 37–38, p. 531–538, 2001.

ERKMAN, S. Industrial ecology: An historical view. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 5, n. 1–2, p. 1–10, 1997.

FICHTNER, W.; TIETZE-STÖCKINGER, I.; RENTZ, O. On industrial symbiosis networks and their classification. **Progress in Industrial Ecology**, [s. l.], v. 1, n. 1–3, p. 130–142, 2004.

GENG, Y.; SARKIS, J.; ULGIATI, S. Sustainability, well-being, and the circular economy in China and worldwide. **Science**, [s. l.], v. 6278, n. Supplement, p. 73–76, 2016.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 114, p. 11–32, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.

GOYAL, S.; CHAUHAN, S.; MISHRA, P. Circular economy research: A bibliometric analysis (2000–2019) and future research insights. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 287, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096544476&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2020.125011&partnerID=40&md5=90c646a5fc5bf267ac185001d0329901>.

GRANT, J. Planning and designing industrial landscapes for eco-efficiency. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 5, n. 1–2, p. 75–78, 1997. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0031384957&doi=10.1016%2Fs0959-6526%2897%2900008-5&partnerID=40&md5=103a635e15f358154c042945f83119da>.

HEERES, R. R.; VERMEULEN, W. J. V.; DE WALLE, F. B. Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: First lessons. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 12, n. 8–10, p. 985–995, 2004.

JACOBSEN, N. B. Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 79, n. 10, p. 52–54, 2006.

JIAO, W.; BOONS, F. Policy durability of Circular Economy in China: A process analysis of policy translation. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 117, p. 12–24, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.010>.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 143, p. 37–46, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>.

KUZNETSOVA, E.; ZIO, E.; FAREL, R. A methodological framework for Eco-Industrial Park design and optimization. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 126, p. 308–324, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84992291869&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2016.03.025&partnerID=40&md5=03a40940c2e305b133c423d5c329e2b5>.

LAMBERT, A. J. D.; BOONS, F. A. Eco-industrial parks: Stimulating sustainable development in mixed industrial parks. **Technovation**, [s. l.], v. 22, n. 8, p. 471–484, 2002.

LAYTON, A.; BRAS, B.; WEISSBURG, M. Improving performance of eco-industrial parks. **International Journal of Sustainable Engineering**, [s. l.], v. 10, n. 4–5, p. 250–259, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018691417&doi=10.1080%2F19397038.2017.1317874&partnerID=40&md5=663491119d17326dc74800b3e868dd65>.

LE TELLIER, M. *et al.* Towards sustainable business parks: A literature review and a systemic model. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 216, p. 129–138, 2019.

LEHTORANTA, S. *et al.* Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 19, n. 16, p. 1865–1875, 2011. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2->

s2.0-

80052025009&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2011.04.002&partnerID=40&md5=3dd4296dcedcf3cc420ef0bd34c5ec9a.

LI, B. *et al.* The vulnerability of industrial symbiosis: A case study of Qijiang Industrial Park, China. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 157, n. January 2016, p. 267–277, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019400565&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2017.04.087&partnerID=40&md5=207f12ccfa45c02eadcebd89930e7690>.

LIU, L. *et al.* Does the construction of national eco-industrial demonstration parks improve green total factor productivity? Evidence from prefecture-level cities in China. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 14, n. 1, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85121620506&doi=10.3390%2Fsu14010026&partnerID=40&md5=9b5f9cdf0ae7b56c94f0bdcc75f2975a>.

LIU, Z. *et al.* Uncovering key factors influencing one industrial park's sustainability: A combined evaluation method of emergy analysis and index decomposition analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 114, p. 141–149, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.149>.

LOWE, E. A. E. A. Creating by-product resource exchanges: strategies for eco-industrial parks. **Journal of cleaner production**, [s. l.], v. 5, n. 1–2, p. 57–65, 1997.

MARCO-FERREIRA, A. *et al.* Lean and Green: practices, paradigms and future prospects. **Benchmarking**, [s. l.], v. 27, n. 7, p. 2077–2107, 2020.

MATTILA, T. *et al.* Methodological Aspects of Applying Life Cycle Assessment to Industrial Symbioses. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 51–60, 2012. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84858618407&doi=10.1111%2Fj.1530-9290.2011.00443.x&partnerID=40&md5=cc1d831445448df888c771a600f31018>.

MCDOWALL, W. *et al.* Circular Economy Policies in China and Europe. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 651–661, 2017.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary

Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, [s. l.], v. 140, n. 3, p. 369–380, 2017.

NESS, D. Sustainable urban infrastructure in China: Towards a Factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure systems. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 288–301, 2008.

PARK, H. S. *et al.* Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea-From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 87, n. 1, p. 1–13, 2008.

PARK, J. M.; PARK, J. Y.; PARK, H. S. 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**, [s. l.], v. 114, p. 33–44, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.115>.

PARK, J.; PARK, J. M.; PARK, H. S. 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**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 197–207, 2019.

PARKS, H.-S. P.; WON, J.-Y. Ulsan Eco-industrial Park: Challenges and Opportunities. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 11–13, 2007.

PRIETO-SANDOVAL, V. *et al.* Beyond the circular economy theory: Implementation methodology for industrial smes. **Journal of Industrial Engineering and Management**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 425–438, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85106905771&doi=10.3926%2Fjiem.3413&partnerID=40&md5=9cb1fbf20aa09480c6beb5f2eb9eb26e>.

PRIETO-SANDOVAL, V.; JACA, C.; ORMAZABAL, M. Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 179, p. 605–615, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>.

SCHROEDER, P.; ANGGRAENI, K.; WEBER, U. The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. **Journal of Industrial Ecology**, [s.

.l.], v. 23, n. 1, p. 77–95, 2019.

SHAH, I. H.; DONG, L.; PARK, H. S. H.-S. Tracking urban sustainability transition: An eco-efficiency analysis on eco-industrial development in Ulsan, Korea. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 262, p. 121286, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082762123&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2020.121286&partnerID=40&md5=17a23fe51b73697bdc9255784c01dfe5>.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.

VALENZUELA-VENEGAS, G. *et al.* A resilience indicator for Eco-Industrial Parks. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 174, p. 807–820, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85038882866&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2017.11.025&partnerID=40&md5=29b181d21b20ce09c924539eb8d94c18>.

VALENZUELA-VENEGAS, G.; VERA-HOFMANN, G.; DÍAZ-ALVARADO, F. A. A. Design of sustainable and resilient eco-industrial parks: Planning the flows integration network through multi-objective optimization. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 243, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85072777759&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2019.118610&partnerID=40&md5=57e2248734f93b43004ee28695baa7c0>.

VEIGA, L. B. E.; MAGRINI, A. D. Eco industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: Paracambi EIP. *In*: , 2007. **1st International Workshop: Advances in Cleaner Production, São Paulo/SP**. [S. l.: s. n.], 2007.

VELEVA, V. *et al.* Benchmarking eco-industrial park development: the case of Devens. **Benchmarking**, [s. l.], v. 23, n. 5, p. 1147–1170, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84977134160&doi=10.1108%2FBIIJ-06-2014-0056&partnerID=40&md5=befc11cba712434aba41300bb3673bd6>.

WANG, J. *et al.* Eco-transformation strategy for traditional industrial parks in China: Perspectives from system engineering theory. **Environmental Engineering and**

Management Journal, [s. l.], v. 14, n. 10, p. 2309–2318, 2015. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84959331814&doi=10.30638%2Femj.2015.246&partnerID=40&md5=67b1ff3e9619b37d8752f1bb4c90d663>.

WANG, Q.; DEUTZ, P.; CHEN, Y. Building institutional capacity for industrial symbiosis development: A case study of an industrial symbiosis coordination network in China. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 142, p. 1571–1582, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.146>.

YEDLA, S.; PARK, H. S. Eco-industrial networking for sustainable development: review of issues and development strategies. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 391–402, 2017.

YONG GENG, JOSEPH SARKIS, SERGIO ULGIATI, P. Z. Measuring China's Circular Economy. **Science**, [s. l.], v. 339, 2013.

YUNE, J. H. J. H. *et al.* Greening Chinese chemical industrial park by implementing industrial ecology strategies: A case study. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 112, p. 54–64, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.05.002>.

ZHANG, Y. *et al.* Network analysis of eight industrial symbiosis systems. **Frontiers of Earth Science**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 352–365, 2016.

ZHENG, K.; JIA, S. Promoting the opportunity identification of industrial symbiosis: Agent-based modeling inspired by innovation diffusion theory. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 9, n. 5, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019072591&doi=10.3390%2Fsu9050765&partnerID=40&md5=cc5e1ccc65513eaa4fc1c79ffd6df979>.