



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE (PRODEMA)
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (MDMA)
SUBPROGRAMA PRODEMA/PRPG/UFPI**

LUIS HENRIQUE DOS SANTOS SILVA SOUSA

**RUMO À ECOLOGIA INDUSTRIAL: POTENCIAL DA SIMBIOSE EM
INDÚSTRIAS DE TERESINA-PI**

Teresina

2019

LUIS HENRIQUE DOS SANTOS SILVA SOUSA

**RUMO À ECOLOGIA INDUSTRIAL: POTENCIAL DA SIMBIOSE EM
INDÚSTRIAS DE TERESINA-PI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI), como requisito à obtenção do título do Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de pesquisa Políticas Públicas e Meio Ambiente.

Orientadora: Profa. Dr. Elaine Aparecida da
Silva

Teresina

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processamento Técnico

S725r Sousa, Luis Henrique dos Santos Silva.
Rumo à ecologia industrial : potencial da simbiose em
indústrias de Teresina-PI / Luis Henrique dos Santos Silva
Sousa. – 2019.
165 f.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio
Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina,
2019.

“Orientadora: Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva”.

1. Simbiose industrial. 2. Ecologia industrial.
3. Sustentabilidade ambiental em indústrias. I. Título.

CDD 574.5

LUIS HENRIQUE DOS SANTOS SILVA SOUSA

**RUMO À ECOLOGIA INDUSTRIAL: POTENCIAL DA SIMBIOSE EM
INDÚSTRIAS DE TERESINA**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Políticas públicas e meio ambiente.

Aprovada em: 27 / 05 / 2019

Elaine Aparecida da Silva

Prof. Dr. Elaine Aparecida da Silva
(Orientadora – UFPI PRODEMA)

Joaquim S. C. Jr.

Prof. Dr. Joaquim Soares da Costa Júnior
(Membro Externo – IFPI)

Francisco Soares Santos Filho

Prof. Dr. Francisco Soares Santos Filho
(Membro Interno - UFPI PRODEMA)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Luiz Santana Sousa (*in memoriam*) e Irene Maria dos Santos Silva Sousa, aqueles que primeiro acreditaram e continuam a acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que merece todo o amor do mundo, e que por meio do dom da vida e das capacidades intelectuais, me capacitou para conquistar mais esta etapa. Não para a minha glória, mas para contar os Seus feitos em minha vida.

Aos meus pais, Luiz Santana Sousa (*in memoriam*) e Irene Maria dos Santos Silva Sousa por suas vidas ofertadas pela minha vida e carreira.

Aos meus irmãos, Amanda Francisca e Luiz Fernando, pela presença cotidiana.

Aos meus irmãos de célula e da Comunidade Católica Shalom, pelas orações e apoio.

Aos meus formadores, Gismar e Kélvio, pela compreensão, misericórdia e apoio nas horas mais delicadas.

Às minhas autoridades e conselho local, na pessoa do Breno Sindeaux, pela paternidade na reta final.

À minha orientadora, Elaine Aparecida, por toda compreensão e suporte técnico/científico para o desenvolvimento da pesquisa, especialmente pelo seu esforço final para a defesa.

Aos meus verdadeiros amigos: Thanderson Sousa, Atos Lima, Ailon Tonhá, Krisnamurth Júnior, Niwluan Rodrigo, Cristiano Xavier, Ana Beatriz (Bia) e Carla Raíla pela presença constante.

À Bruna Medeiros, pela cumplicidade diária e apoio nas revisões finais.

Ao Dennys Uchoa e Hanna, sempre me ajudando nos detalhes.

Ao Gabriel Mantese, pelas indicações bibliográficas.

À Monielen e Débora, o cuidado profissional de vocês me fez chegar aqui.

Aos gestores e sindicatos que colaboraram abrindo as portas das suas empresas e instituições para a execução da pesquisa.

Ao professor João Batista, pela indicação do curso de estatística multivariada.

Aos diretores, coordenadores, tutores, colegas de profissão e alunos do UNIFSA. As vivências humanas, pedagógicas e científicas experienciadas com vocês desde 2008 estão mais que presentes neste trabalho.

Ao IBGE, na pessoa do Eyder, pelo suporte no acesso aos bancos de dados e coleta de informações.

À FIEPI pela disposição de todos secretários e diretores pela prontidão para consultas.

A todos que me sustentaram com suas vidas, orações e presença.

“sim Pai não é fácil, mas eu DESEJO, eu QUERO, eu VOU!”
Moisés Louro de Azevedo Filho

Escrito Obra Nova

RESUMO

A troca e venda de resíduos, o compartilhamento de instalações de utilidades e de tratamento de materiais, caracteriza a prática da simbiose industrial (SI). A SI pretende responder ao desafio do desenvolvimento sustentável como uma das ferramentas da ecologia industrial (EI), que propõe a analogia entre sistemas naturais e industriais. Este trabalho objetiva identificar as potencialidades e a ocorrência de SI em indústrias de Teresina. Para isso, foram realizadas visitas técnicas em 33 empresas, das quais foram analisados os processos produtivos, entrevistados gestores, funcionários e pontuados critérios relacionados à potencialidade de SI, com base na proposta metodológica de Trama e Magrini (2017). Também foi elaborado um estudo cienciométrico com a utilização do Portal de Periódicos da CAPES, da base *Web Of Science* e do *software VOSviewer*. Com o programa *SAS*, foi realizada uma análise estatística multivariada a partir dos dados coletados em campo. O estudo cienciométrico permitiu inferir que a temática vem ganhando espaço na literatura científica e é protagonizada por pesquisadores norte americanos. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Análise do Fluxo de Materiais (AFM) são as duas ferramentas mais utilizadas para estudo e análise da EI. A partir da pesquisa de campo e do cálculo do potencial de estabelecimento de SI, os setores estudados com melhor desempenho foram: o de fabricação de materiais elétricos (68,59%), pneumáticos (62,23%) e gráfico (61,08%). Partindo da análise de fluxo dos materiais e de casos da literatura, foram propostas mais de 40 relações de SI. O estabelecimento destas, deve levar em consideração aspectos os técnicos e de gestão das empresas que precisam ser adequados. Isto corrobora com valor de potencial de SI da amostra total (45,76%). A análise estatística multivariada, apontou no estudo de agrupamentos, a existência de quatro grupos de empresas, o maior deles comporta 18 unidades da amostra, sendo estas as que menos se adequam aos aspectos investigados. A análise de componentes principais indicou graficamente que a maior parte das empresas não vêm incorporando à suas operações as práticas de gestão ambiental estudadas pela pesquisa. Por fim, a análise de correlação das variáveis não apontou a existência de correlações fortes entre elas, mas indicou relação positiva entre a execução de atividades de troca/venda de subprodutos com a utilização de sistemas logísticos disponíveis e a existência de práticas ambientais. A pesquisa conclui que a SI não deve ser o passo seguinte para muitas empresas de Teresina, a priori, elas precisam incorporar a aspectos como: a Política Nacional de Resíduos Sólidos, logística reversa, produção mais limpa, entre outros.

Palavras-chave: simbiose industrial; ecologia industrial; sustentabilidade ambiental em indústrias; gestão ambiental de processos e produtos; fluxo cíclico de resíduos;

ABSTRACT

The exchange and sale of waste, the sharing of utilities and the treatment of materials, characterizes the practice of industrial symbiosis (IS). IS propose to respond the challenge of sustainable development as one of the tools of industrial ecology (IE), which proposes the analogy between natural and industrial systems. This work aims to identify the potentialities and the occurrence of IS in Teresina industries. For this, technical visits were done in 33 companies, observing the productive processes, were interviewed managers, employees and scored criteria related to potential of IS, based on the methodological proposal of Trama and Magrini (2017). A scientometric study used the CAPES Portal, Web Of Science database and VOSviewer software. With the SAS program, a multivariate statistical analysis was performed from the data collected in the field. The scientometric study allowed noticed that the theme has been gaining ground in the scientific literature and is carried out by North American researchers. Life Cycle Assessment (LCA) and Material Flow Analysis (MFA) are the two most widely used tools for EI study and analysis. From the visits and the the SI establishment potential, the sectors with the best performance were: electrical materials (68.59%), pneumatic (62.23%) and graphic (61.08% %). From the flow analysis of materials and literature cases, more than 40 IS relationships were proposed. The establishment of these should take into account the technical and managerial aspects in the companies that need to be appropriate. This corroborates the SI potential value of the total sample (45.76%). The multivariate statistical analysis pointed out in the grouping study, the existence four groups of companies, the largest of which contains 18 units, which are the ones that least fit the aspects investigated. The main components analysis indicated graphically that most companies do not incorporate into their operations the environmental management practices studied by the research. Finally, the correlation analysis of the variables did not indicate the existence of strong correlations between them, but indicated a positive relation between the execution of activities of exchange / sale of by-products with the use of available logistic systems and the existence of environmental practices. The research concludes that IS should not be the next step for many companies in Teresina, a priori, they need to incorporate aspects such as: the National Solid Waste Policy, reverse logistics, cleaner production and others.

Keywords: industrial symbiosis; industrial ecology; environmental sustainability in industries; environmental management of processes and products; cyclical flow of waste;

Lista de Figuras

Referencial teórico e metodologia

Figura 1: Ecologia Industrial: tipologia dos ecossistemas industriais.....	19
Figura 2: Operações de ecologia industrial em três níveis.....	22
Figura 3: Classificação da Simbiose Industrial à partir da natureza dos recursos em trânsito.....	24
Figura 4: Etapas do estabelecimento de Simbiose Industrial.....	26
Figura 5: Simbiose industrial e relações sociais.....	27
Figura 6: Código para identificação das empresas na pesquisa.....	30
Figura 7: Análise de viabilidade técnica para estabelecimento de simbiose industrial.....	37
Figura 8: Considerações sobre o percentual de potencialidade de simbiose industrial das empresas.....	38

Ecologia Industrial: Evolução histórica e produção científica

Figura 9: Quantidade de trabalhos da amostra por base de dados.....	44
Figura 10: Histórico da Ecologia Industrial.....	46
Figura 11: Área dos trabalhos recuperados no Portal de Periódicos da CAPES.....	47
Figura 12: Número de trabalhos publicados em Ecologia Industrial (2009-2018).....	48
Figura 13: Produção em Ecologia Industrial em periódicos (2009-2018).....	48
Figura 14: Produção em Ecologia Industrial em eventos científicos (2009-2018).....	48
Figura 15: Principais palavras-chave da amostra recuperada.....	49
Figura 16: Quantidade de trabalhos produzidos por país e relação de citação.....	49
Figura 17: Análise das temáticas por cluster de países.....	50
Figura 18: Análise das ferramentas utilizadas, por cluster de países.....	50
Figura 19: Análise dos materiais em estudo por cluster.....	50
Figura 20: Quantidade de trabalhos produzidos por universidades e relações de citações nos últimos dez anos.....	53

Potencialidade de Simbiose Industrial em Teresina

Figura 21: Potencialidade de Simbiose Industrial por empresa – Setor de alimentos e bebidas.	66
---	----

Figura 22: Relações simbióticas existentes e propostas para empresas estudadas do ramo de alimentos e bebidas.....	78
Figura 23: Potencialidade de Simbiose Industrial por empresa – Setor de cerâmica e concreto..	80
Figura 24: Relações simbióticas existentes e propostas para empresas estudadas do ramo de cerâmica e concreto.....	86
Figura 25: Potencialidade de Simbiose Industrial por empresa – Setor de ferros e outros metais; e materiais elétricas.....	88
Figura 26: Relações simbióticas existentes e propostas para as empresas estudadas do ramo de ferro e outros metais e materiais elétricos.....	97
Figura 27: Potencialidade de Simbiose Industrial por empresa – Setor de plásticos e gráfico.....	99
Figura 28: Relações simbióticas existentes e propostas para as empresas estudadas do ramo de plásticos e gráfico.....	109
Figura 29: Potencialidade de Simbiose Industrial das empresas estudadas do ramo de móveis e artefatos de madeira.....	111
Figura 30: Relações simbióticas existentes e propostas para as empresas estudadas do ramo fabricação de móveis e artefatos de madeira.....	116
Figura 31: Potencialidade de Simbiose Industrial das empresas estudadas dos demais setores abordados pela pesquisa.....	118
Figura 33: Relações simbióticas existentes e propostas para as empresas estudadas dos demais setores.....	130
Figura 33: Potencialidade individual de SI por empresa	132
Figura 34: Relação entre faixa de potencialidade de SI e porte das empresas.....	135
Figura 35: Distribuição das indústrias estudadas nas zonas da cidade.....	136
Figura 36: Potencialidade de SI por zona da cidade.....	137
Figura 37: Potencialidade de SI por segmento de atuação.....	138
Figura 38: Propostas de relações de SI entre as empresas estudadas.....	140
Figura 39: Árvore de agrupamentos da amostra estudada.....	142
Figura 40: Análise de componentes principais da amostra, vista 1.....	145
Figura 41: Análise de componentes principais da amostra, vista 2.....	146
Figura 42: Análise de componentes principais da amostra, vista 3.....	146
Figura 44: Gráficos de dispersão das correlações entre as variáveis.....	147

Lista de quadros

Referencial teórico e metodologia

Quadro 1: Classificação das trocas simbióticas.....	23
Quadro 2: Letras para formação dos códigos das empresas na pesquisa segundo classificação FIEPI.....	31
Quadro 3: Critérios e formas de pontuação.....	32
Quadro 4: Indicadores para cálculo de potencialidade de Simbiose Industrial.....	36

Potencialidade de Simbiose Industrial em Teresina

Quadro 5: Características das empresas estudadas do ramo de alimentos e bebidas.....	66
Quadro 6: Barreiras e motivações para práticas de compartilhamento de subprodutos nas indústrias do ramo de alimentos e bebidas.....	71
Quadro 7: Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de alimentos e bebidas.....	73
Quadro 8: Potencialidades de estabelecimento de SI para o setor de alimentos e bebidas.....	75
Quadro 9 :Características das empresas estudadas do ramo de cerâmica e concreto.....	80
Quadro 10: Barreiras e motivações para práticas de compartilhamento de subprodutos nas indústrias do ramo de cerâmica e concreto.....	81
Quadro 11: Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de cerâmica e concreto.....	84
Quadro 12: Potencialidades de estabelecimento de Simbiose Industrial para o ramo de cerâmica e concreto.....	85
Quadro 13: Características das empresas estudadas do ramo de ferros e outros metais e materiais elétricos.....	88
Quadro 14: Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de ferros e outros metais e materiais elétricos.....	93
Quadro 15: Barreiras e motivações para práticas de compartilhamentos de subprodutos nas indústrias do ramo de ferros e outros metais.....	94
Quadro 16: Potencialidades de estabelecimento de Simbiose Industrial setores metálicos.....	96
Quadro 17: Características das empresas estudadas do ramo plástico e indústria gráfica.....	99
Quadro 18: Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de plástico e gráfico.....	105
Quadro 19: Barreiras e motivações para práticas de compartilhamentos de subprodutos nas indústrias do ramo de plástico e gráfico.....	106

Quadro 20: Potencialidades de estabelecimento de Simbiose Industrial setores de plásticos e gráfico.....	108
Quadro 21: Características das empresas estudadas do ramo plástico e indústria gráfica.....	111
Quadro 22: Barreiras e motivações para práticas de compartilhamentos de subprodutos nas indústrias do ramo móveis e artefatos de madeira.....	113
Quadro 23: Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de móveis e artefatos de madeira.....	115
Quadro 24: Potencialidades de estabelecimento de Simbiose Industrial no setor de fabricação de móveis e artefatos de madeira.....	117
Quadro 25: Características das empresas estudadas dos demais setores.....	119
Quadro 26: Barreiras e motivações para práticas de compartilhamentos de subprodutos nas indústrias dos demais setores estudados.....	127
Quadro 27: Potencialidades de estabelecimento de SI nos demais setores estudados.....	129

Lista de tabelas

Referencial teórico e metodologia

Tabela 1: Classificação inicial das formas de surgimento de Simbiose Industrial.....	26
Tabela 2: Graus de importância e pesos relativos dos critérios.....	35

Ecologia Industrial: Evolução histórica e produção científica

Tabela 3: <i>Clusters</i> de países a partir da análise do <i>VOSviewer</i>	49
Tabela 4: Grupos de pesquisa em ecologia industrial no Brasil.....	54

Potencialidade de Simbiose Industrial em Teresina

Tabela 5: Distribuição das empresas por faixa de potencialidade de SI.....	133
Tabela 6: Quantidade de empresas segundo classificação de porte por quantidade de funcionários.....	134
Tabela 7: Empresas por <i>cluster</i> da análise de agrupamentos.....	143
Tabela 8: Constituição das componentes principais.....	144

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Ecologia industrial.....	18
2.2 Simbiose industrial.....	20
2.3 Algumas iniciativas de produção científica, relacionada à Simbiose Industrial, em Teresina-PI.....	29
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 População e amostra.....	30
3.2 Procedimentos metodológicos.....	31
3.3 Análise das potencialidades por empresa.....	37
4 ECOLOGIA INDUSTRIAL: EVOLUÇÃO HISTÓRICA E PRODUÇÃO CIENTÍFICA.....	41
4.1 Introdução.....	41
4.2 Metodologia.....	43
4.3 Construção histórica da ecologia industrial.....	44
4.4 Análise cienciométrica.....	47
4.5 Grupos de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.....	53
4.6 Cenário brasileiro.....	55
4.7 Conclusão.....	59
Referências.....	61
5. POTENCIALIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL EM TERESINA.....	65
5.1 Ramo de alimentos e bebidas.....	65
5.2 Ramo de cerâmica e concreto.....	78
5.3 Ramo de ferro e outros metais; e materiais elétricos.....	87
5.4 Ramo de produtos plásticos e gráfico.....	98
5.5 Ramo de móveis e artefatos de madeira.....	109
5.6 Demais representações da indústria de Teresina.....	118
5.7 Potencialidade de SI em Teresina.....	131
5.8 Análise multivariada dos dados das empresas.....	141

5.9 Considerações sobre o capítulo.....	148
6. CONCLUSÃO.....	150
Referências.....	152
Apêndice 1	161
Apêndice 2	163
Apêndice 3	165

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a sobrevivência das organizações não tem dependido apenas de resultados financeiros e balanços positivos de compra e venda. A compreensão sobre a disponibilidade dos recursos naturais faz com que as empresas tenham a necessidade de assumir um novo posicionamento em relação aos seus padrões de consumo e atividades relacionadas à conservação das fontes de matérias primas.

A Ecologia Industrial (EI) é uma área que associa os sistemas industriais aos sistemas naturais, em que estes são sujeitos às leis da termodinâmica, aos princípios da entropia, transformação de materiais em um ciclo fechado com interdependência das partes. O escopo abrangente a EI objetiva o redesenho dos produtos (*eco design*) e a análise sistemática dos aspectos relacionados aos recursos naturais, sociedade e aspectos econômicos das organizações envolvidas (CHERTOW, 2007).

Já a Simbiose Industrial (SI), a priori definida como a troca de subprodutos entre as empresas por proximidade geográfica (JENSEN, 2016), teve seu conceito aprimorado com o passar dos anos, passando a compreender, também, o compartilhamento de estruturas de utilidades (subestação, sistemas de frio e calor) sem a necessidade da proximidade das empresas participantes das transações (CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008).

Este estudo teve como objetivo compreender a gestão de materiais e fluidos das indústrias de Teresina e apontar potenciais relações de Simbiose Industrial. Este foi alcançado por meio da avaliação das práticas de gestão ambiental e dos processos produtivos de 33 empresas, criação de um mapa da distribuição espacial da indústria, análise estatística multivariada dos aspectos estudados nas indústrias e proposição de potenciais trocas simbióticas entre as empresas estudadas e apresentação destas práticas já existentes de maneira tácita.

Segundo o último cadastro industrial publicado pela Federação das Indústrias do Estado do Piauí (FIEPI), Teresina tem 1566 unidades industriais distribuídas no distrito industrial sul, polo industrial sul, distrito industrial norte e outras instalações de distintas iniciativas (FIEPI, 2014). Neste trabalho, as empresas tem seus processos produtivos estudados com relação à geração de resíduos, geração e tratamento de efluentes, e demais aspectos organizacionais relacionados à gestão ambiental que podem inferir sobre futuras trocas simbióticas.

O estudo aborda trinta e três unidades da indústria da capital teresinense, analisando os aspectos supracitados. A partir da pesquisa bibliográfica e bibliométrica sobre o tema e as

visitas realizadas, esta dissertação está organizada em cinco seções: introdução, referencial teórico, descrição dos procedimentos metodológicos, quatro capítulos discorrendo sobre os resultados e um tópico de considerações finais.

No quarto capítulo, consta o artigo intitulado “Ecologia Industrial: evolução histórica e produção científica” publicado na Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Qualis B1 em Ciências Ambientais). Neste trabalho, é descrito o histórico da Ecologia Industrial como conceito e escola de pensamento, a intencionalidade da utilização do termo por diferentes autores, além de ser feita uma análise cienciométrica sobre a produção de EI, a partir de 1968, e ressaltas as principais iniciativas brasileiras da área na literatura visível.

No quinto capítulo, o artigo “Potencialidade de simbiose industrial em Teresina” será submetido ao periódico *Journal of Cleaner Production* (Qualis A1 em Ciências Ambientais). Na pesquisa, foram investigadas 33 empresas de 16 setores da indústria de Teresina. Aplicou-se o método para quantificação do potencial de SI proposto por Trama e Magrini (2017). Desta forma, concluiu-se que o universo de indústrias estudadas alcança um potencial de estabelecimento de SI de 45,76%. Assim, as oportunidades de SI identificadas podem não ser reais chances de ganhos, mas falhas na gestão dos processos produtivos e controle das fontes geradoras de resíduos.

Ainda, na quinta seção desta dissertação, consta o artigo “Análise de potencialidade de simbiose industrial e gestão ambiental das indústrias de Teresina a partir de uma análise estatística multivariada” que será submetido ao Encontro Nacional de Engenharia de Produção, seção de pós-graduação. A partir das pontuações das dez categorias elencadas por Trama e Magrini (2017) para a análise de potencialidade de SI, foi realizada uma análise estatística multivariada utilizando o *software* SAS (*Statistical Analysis Software*).

Na seção final é apresentada a discussão dos resultados encontrados em função de diferentes abordagens sobre a potencialidade de SI em Teresina, apontadas as limitações do estudo e sugeridas novas pesquisas para a temática em âmbito regional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentado o significado da Ecologia Industrial, a partir da etimologia da expressão, seus objetivos e principais características. Na sequência, será conceituada a Simbiose Industrial, sua tipologia e aspectos relevantes para compreensão desta atividade.

2.1 Ecologia Industrial

A Ecologia Industrial (EI) é um campo interdisciplinar, que estuda as interações de elementos em sistemas entre indústrias, meio ambiente e sociedade. Aparentemente paradoxos, os termos “ecologia” e “industrial” apontam para uma nova perspectiva sob os sistemas industriais, sendo estes entendidos não apenas como um setor da economia, mas como toda atividade humana de transformação (KAPUR; GRAEDEL, 2004).

Na EI, os ecossistemas naturais são considerados como modelos para a atividade industrial, uma vez que estes têm comportamentos e potencialidades semelhantes. Os ecossistemas industriais, assim como os naturais, consistem em um sistema com fluxo de materiais, energia e informações, dependentes e mantenedores de outros sistemas externos a estes.

Ao buscar uma semelhança com os ecossistemas naturais, a EI propõe a mudança do padrão linear para o padrão cíclico de produção (figura 1), em que as saídas dos sistemas produtivos não sejam descartadas, mas sejam entradas de outros processos produtivos. Admitindo, ainda, sistemas intermediários que transforme os *outputs* em *inputs* para sistema seguinte da rede.

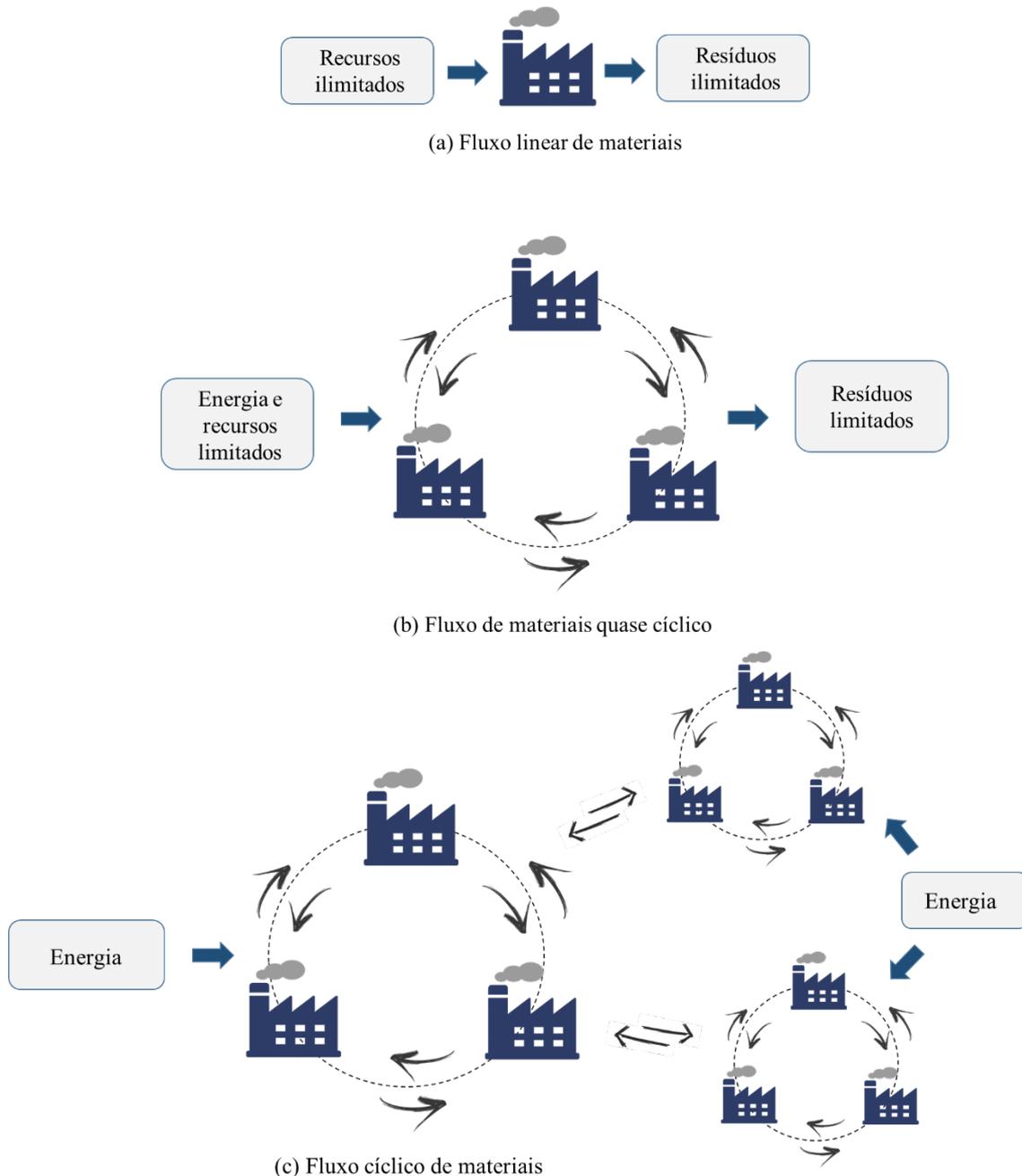
A figura 1 apresenta uma visão otimizada do fluxo cíclico de materiais, com o pressuposto da melhoria da utilização dos recursos em um ciclo fechado que vai além dos objetivos almejados pelas práticas de EI, representada na figura pelo “fluxo de materiais quase cíclico”.

Em sua maioria, os autores corroboram com algumas características comuns à ecologia industrial: a analogia com o mundo biológico, a perspectiva sistêmica e a mudança tecnológica (LIFSET; GRAEDEL, 2005; KAPUR; GRAEDEL, 2004; ERKMAN; FRANCIS; RAMASWAMY, 2005).

A primeira, dispõe de noções dos ecossistemas ecológicos para o funcionamento dos ecossistemas industriais. A perspectiva sistêmica faz referência a abordagem dos sistemas produtivos não de forma isolada, mas pertencentes a um conjunto de outros sistemas. Nesta perspectiva, o sistema industrial é compreendido como uma atividade tecnológica-humana que

interage com componentes de sistemas maiores (econômicos, naturais) os quais influenciam e são influenciados por suas atividades (FROSH; GALLOPOULOS, 1989).

Figura 1 – Ecologia Industrial: tipologia dos ecossistemas industriais



Fonte: Adaptado de Lifset e Graedel (2005).

A perspectiva sistêmica além de concordar teoricamente com a analogia biológica, traz a análise de fluxo de materiais e energia como foco do estudo da EI. Esta característica evita análises parciais ou isoladas de um determinado processo produtivo. Para tal, a EI faz uso da perspectiva do ciclo de vida, examinando impactos ambientais dos processos, produtos e/ou

serviços desde a extração, passando pelo processo de transformação até o gerenciamento dos resíduos gerados pela utilização.

A mudança tecnológica, ou mudança do paradigma tecnológico, deslinda na otimização dos processos de transformação/transporte para suportar a perspectiva sistêmica dos ecossistemas industriais, abrindo caminhos para o *ecodesign* e o biomimetismo, por exemplo (KAPUR; GRAEDEL, 2004).

Lifset e Graedel (2005) apontam que a EI tem duas grandes áreas de concentração: análise dos processos produtivos e o *design* dos produtos. Na primeira área de concentração, a Ecologia Industrial procura analisar as relações de causa e efeito dos processos produtivos com relação ao meio ambiente, materiais de entradas e saídas nos processos produtivos e seus efeitos no meio ambiente (na extração e destinação). Faz a análise dos materiais sob a perspectiva do ciclo de vida para aspectos econômicos, ambientais e sociais. Na segunda área de concentração, a EI propõe o redesenho dos produtos, embalagens e materiais utilizados para fabricação também com base nos resultados da primeira.

A Ecologia Industrial procura responder a questionamentos relacionados a como as organizações devem reorientar o funcionamento de seus processos produtivos para uma utilização racional dos recursos naturais que não comprometa a sua disponibilidade futura, combinando um denso marco conceitual (ecologia científica) com uma abordagem operacional da sustentabilidade. Apresentando, assim, uma via para o fornecimento de soluções palpáveis que viabilizam o desenvolvimento sustentável nas perspectivas ambientais, sociais e econômicas (ERKMAN; FRANCIS; RAMASWAMY, 2005).

O esforço teórico dos autores para traçar objetivos e definições para a EI, leva a compreensão de que estes funcionam como geradores de perguntas complexas sobre o campo de estudo, mas apresentam de forma comum a questão norteadora da área: a preocupação do impacto humano no ambiente biofísico, com todas as suas consequências.

A partir do que foi apresentado é possível depreender que a ecologia industrial traz em sua essência a asserção dos sistemas industriais como redes não isoladas, interdependentes, com possibilidade de retroalimentação eficiente semelhante aos sistemas naturais.

2.2 Simbiose Industrial

A ideia do ecossistema industrial, com características semelhantes a um ecossistema natural, faz emergir novos modelos de negócios em que o sistema de produção, em uma

perspectiva cíclica, contribui para uma utilização eficiente e não comprometedora dos recursos naturais, além da geração de vantagens econômicas para as organizações envolvidas.

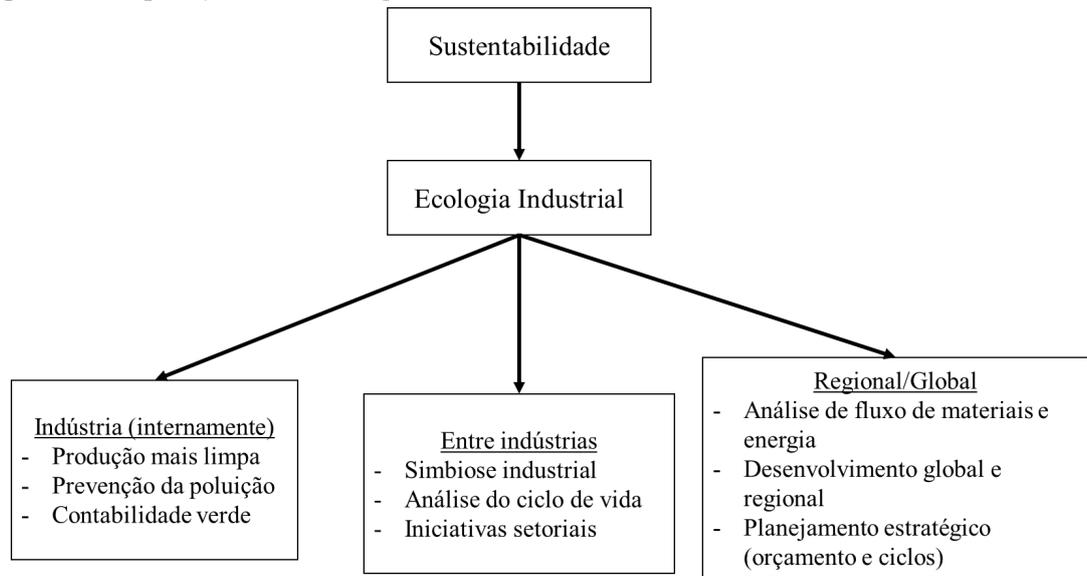
A Simbiose Industrial (SI) é caracterizada como uma abordagem coletiva e sinérgica envolvendo trocas de materiais, energia, água, informações, estruturas organizacionais e de utilidades entre as empresas (CHERTOW, 2000; 2008). A prática da SI, além de reduzir os impactos ambientais, diminuir a utilização de combustíveis, emissão de químicos e partículas suspensas, traz ganhos e melhoramento de condições de vida das pessoas diretamente envolvidas no processo produtivo, bem como no entorno da atividade industrial (PAKARINEN *et al.*, 2010).

A SI é, factualmente, um encontro oportunista de dois ou mais atores de distintos setores, que em condições normais, não entrariam em contato (JENSEN *et al.*, 2011). A SI está diretamente referida ao conceito da Economia Circular dentro de uma área industrial em que um dos objetivos da cooperação sinérgica é a obtenção de resíduos zero (ZHENG; JIA, 2014).

Também, a SI é vista como uma estratégia para a promoção da sustentabilidade industrial, geradora de uma rede de desenvolvimento e inovação social, baseada, essencialmente, como o trabalho em que os resíduos operacionais de uma indústria são utilizados como matéria prima por uma empresa de outro ramo industrial (VALENTURF; JENSEN, 2015; JENSEN, 2016).

Ao consagrar o conceito de SI, Mirian Chertow deixa claro que as interações sinérgicas ou trocas simbióticas devem acontecer por proximidade geográfica (CHERTOW, 2000). Uma vez que a autora define a SI como uma prática no nível “entre firmas” (figura 2). Nesta concepção, para a autora, a reutilização de materiais dentro de uma mesma unidade produtiva e o fluxo de materiais e energias em escalas maiores dentro e fora da cadeia de suprimentos, já não são atividades que podem ser contempladas como práticas de SI.

Figura 2 – Operações de Ecologia Industrial em três níveis



Fonte: Adaptado de Chertow (2000).

Com um estudo detalhado de 18 potenciais eco-parques, a autora amplia a visão em relação ao conceito anteriormente definido sobre a SI, passando a ser capaz de otimizar o ciclo total de materiais (dos materiais virgens, acabados, produtos obsoletos e descartados). A otimização dos recursos vai além dos materiais de processo, mas incluem energia, capital material e humano (CHERTOW, 2000).

Partindo do pressuposto de que os benefícios proporcionados pela SI devem ser maiores para a coletividade do que a individualidade das empresas, a referida autora propõe uma taxonomia para o campo de estudo. Os cinco tipos definidos relatam diferentes níveis de trocas simbióticas: desde as trocas dentro de uma mesma operação produtiva, até mesmo para as trocas que acontecem entre empresas que não tem, necessariamente, uma proximidade geográfica (quadro 1).

O primeiro tipo de trocas está relacionado aos processos de reciclagem que incluem sistemas de cooperativa e coleta de materiais para tratamento em unidades de transformação para depois seguir para um novo consumidor. São comuns, neste nível de trocas, programas locais de reciclagem. Os materiais envolvidos são dispostos por uma organização sem necessariamente serem demanda direta de outra empresa. Na maior parte dos casos, o material está no estágio final do seu ciclo de vida. São exemplos comuns desta classificação fluxos envolvendo metais, papel, vidro, plásticos e borracha.

Quadro 1- Classificação das trocas simbióticas¹

TIPO 1	Trocas de resíduos onde geralmente a maior parte dos materiais estão no estágio final do seu ciclo de vida.
TIPO 2	Trocas internas de materiais , caracterizadas por serem dentro dos limites da organização, havendo múltiplas unidades dentro da indústria
TIPO 3	Trocas entre empresas próximas (eco parques industriais). As trocas acontecem dentro de um parque industrial com envolvimento de agentes externos. Fazem parte das trocas: energia, água, materiais, informações e serviços que permitem o transporte e a venda.
TIPO 4	Trocas entre empresas não próximas . As trocas ocorrem com empresas que não são vizinhas. Este tipo de trocas proporcionam a criação de novos negócios e serviços requeridos pelas trocas simbióticas.
TIPO 5	Trocas entre empresas distantes fisicamente . Semelhante ao tipo anterior, este modelo é mais difícil pelos altos custos envolvidos nos transportes dos materiais. O potencial deste tipo de trocas depende das escalas de operações.

Fonte: Adaptado de Chertow (2000).

Na segunda classificação, as trocas e atividades de reaproveitamento acontecem dentro dos limites físicos da própria empresa. A utilização de um material ou fluido nos processos produtivos pode demandar estações de processamento intermediárias, como uma torre de resfriamento, filtração ou container de armazenamento.

Na categorização em que a troca acontece entre as empresas próximas são definidos o Eco parques (*Eco-Industrial Parks – EIP*) (EHRENFELD; CHERTOW, 2005). Pela proximidade física das empresas (geralmente um parque industrial) é possível o intercâmbio de energia, água, fluidos e materiais a um custo menor.

A SI do tipo 4 é caracterizada pelas interações acontecerem em um raio de até 3,2 km, valor definido pelo estudo caso do distrito industrial de *Kalundborg*, que é um exemplo deste tipo de relação simbiótica (EHRENFELD; CHERTOW, 2005). O arranjo industrial não foi planejado como um parque industrial tradicional ou um eco parque, a relativa confinidade das empresas permitem que por oportunidades de negócios as relações de trocas sejam estabelecidas.

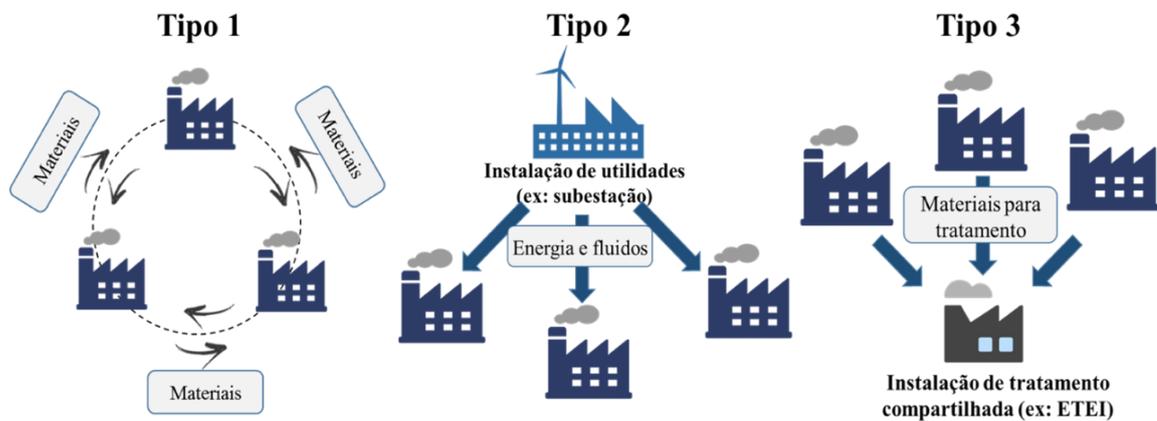
O quinto e último modelo envolve altos custos de operação. As relações estabelecidas são fomentadas por *links* virtuais e não por proximidade geográfica. Estes “ecos parques industriais virtuais” permitem uma rede simbiótica passível de expansão e que favorece a comunidade econômica regional. Esta modalidade de troca pode acoplar ainda outros tipos de negócio como o agroindustrial. Em todos os casos, este modelo requer o estudo para identificação das potenciais trocas e modelos de decisão para roteirização e otimização temporal

¹ Ao propor a taxonomia para a simbiose industrial, Mirian Chertow utiliza o termo “*waste exchange*”, no português “troca de resíduos”. Por se tratar de uma nomenclatura internacional, não existe neste caso a diferença semântica em resíduo e rejeito proposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), vigente no Brasil.

e de custo das transações. Redes dedicadas para suporte das operações logísticas são instrumentos que podem estimular a criação dos ecos parques virtuais.

Chertow, Ashton e Espinosa (2008), também, apontam três tipos de relacionamentos em atividades de SI a partir da natureza dos recursos em trânsito (figura 3): o clássico, que envolve a troca de materiais; um segundo, em que empresas compartilham energia e sistemas de utilidades (frio, calor, subestação) e o último, no qual existe o compartilhamento de serviços (limpeza, tratamento de resíduos, recursos humanos).

Figura 3 – Classificação da Simbiose Industrial a partir da natureza dos recursos em trânsito



Fonte: o autor (2018) baseado em Chertow, Ashton e Espinosa (2008)

Apesar das classificações de Chertown sobre as trocas simbióticas que não acontecem por proximidade, Jensen (2011), ao tratar sobre proximidade geográfica das empresas, para a SI, constata que para a movimentação de resíduos é necessário saber com propriedade até que ponto um determinado material tem condições de permanecer em trânsito antes de perder o seu valor econômico e ambiental.

Zheng e Jia (2014), ao tratar de trocas simbióticas que envolvem fluidos, levantam questões em que a qualidade dos fluidos é diretamente influenciada pela infraestrutura adotada (material e isolamento das tubulações). Ressaltando, assim, o desafio técnico para empresas em que existe a necessidade do equilíbrio entre oferta e demanda de calor. Sendo favorável para estes casos, organizações que se estejam espacialmente próximas umas das outras.

Valenturf e Jensen (2015) apontam que proximidade geográfica e confiança são regras específicas para o estabelecimento da SI, uma vez que a confinidade das empresas funciona

como um farol para o aumento da eficiência das trocas; mas que, por outro lado, a troca de recursos pode acontecer independentemente das variações das distâncias.

A variedade e tipologia dos produtos a serem trocados devem ser levantadas em múltiplas escalas geográficas. A variação de escalas de quantidades, distâncias e precificação pode não incidir em uma correlação entre longiquidade e valores despendidos para as operações. Ao estimular levantamentos mais amplos para o estabelecimento das relações é preconizada a “proximidade cognitiva”, incentivando a inovação e a “necessidade da superação das distâncias mentais” (VALENTURF; JENSEN, 2015).

Em estudo publicado em 2011, Jensen aponta que, no Reino Unido, um quarto das interações entre as empresas que praticam a Simbiose Industrial acontecem em um raio de 15,4 km, metade em 39,1 km e três quartos em 62,2 km; na China, a distância média entre os participantes é de 28,2 km. Os valores encontrados no Reino se dão pela existência de 12 serviços regionais de distribuição de materiais que funcionam como suporte para as empresas que ingressam na rede simbiótica. Esta estrutura favorece e incentiva a participação das empresas nas relações de troca, além de reduzir as “distâncias mentais” entre as organizações (JENSEN, 2011).

Outro aspecto relevante para a concepção da Simbiose Industrial é a diferença da natureza das empresas que se estabelecem nas redes de relacionamentos (KORHONEN, 2001; HARDY e GRAEDEL, 2002; KORHONEN e SNAKIN, 2005; LIWARSKA-BIZUKOJC et al., 2009). Retomando assim o princípio biológico da simbiose em que os participantes são organismos não semelhantes, mas que se beneficiam mutuamente da relação prescrita.

Além de explorar as relações de distâncias em SI, Jensen (2016) constata premissas, até então empíricas, referentes à diversidade da natureza das operações:

- a) Quanto maior a diversidade de empresas, maior a quantidade de potenciais consumidores e menores as distâncias percorridas;
- b) Quanto maior a variedade de materiais, maior a diversidade de resíduos gerados;
- c) A diversidade industrial permite a replicação de sinergias;
- d) Quanto maior a diversidade, maior a probabilidade do aproveitamento de materiais classificados como “incomuns”.

Com a difusão dos conceitos da EI e SI, o distrito industrial de *Kalundborg* foi o primeiro a despontar como modelo internacional de interações bem-sucedidas, apresentando ganhos reais (CHERTOW, 2008). A partir de *Kalundborg* os cientistas da área dedicaram-se,

entre outras coisas, a estudar como se dá o surgimento dos *links* entre as empresas. Inicialmente, constatou-se dois padrões de estabelecimento de práticas de SI (tabela 1).

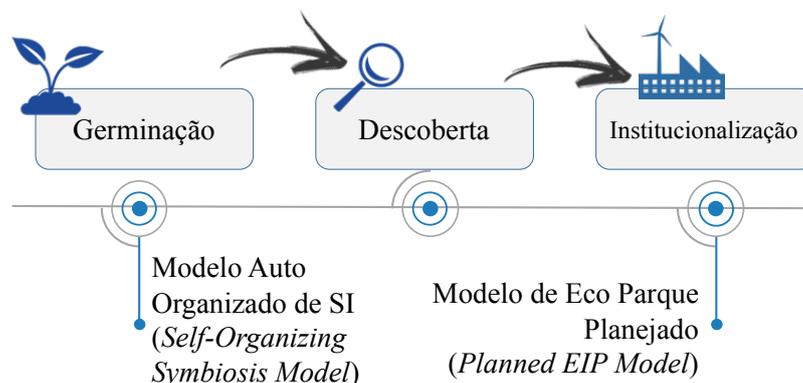
Tabela 1 – Classificação inicial de formas de surgimento de Simbiose Industrial

	<i>Planned Eco-Industrial Park (EIP) Model</i>	<i>Self-Organizing Symbiosis Model</i>
Aspectos Gerais	Consiste em um esforço consistente para identificar/planejar um grupo de indústrias com (potenciais) trocas simbióticas vantajosas para ambas as partes.	O ecossistema industrial emerge a partir da decisão de atores privados, motivados pela troca de recursos para o atingimento de metas de redução de custos.
Modelo de negócio	<i>Top-down</i> (de cima para baixo).	<i>Botton-up</i> (de baixo para cima).
Objetivo das relações	Objetivo econômicos, ambientais e sociais.	Objetivo em negócios.
Foco	Indústrias novas.	Indústrias existentes.

Fonte: adaptado de Chertow (2007), Zheng e Jia (2014)

Não pretendendo dogmatizar as formas pelas quais surgem relações de Simbiose Industrial, Chertow e Ehrenfeld (2012), após uma extensa revisão de literatura e estudo de *cases*, evidenciaram não somente as duas formas isoladas do estabelecimento de trocas simbióticas, mas uma sequência de três etapas pelas quais a tipologia definida anteriormente pode compreender estágios deste modelo (figura 4).

Figura 4 – Etapas do estabelecimento de SI



Fonte: adaptado de Chertow e Ehrenfeld (2012)

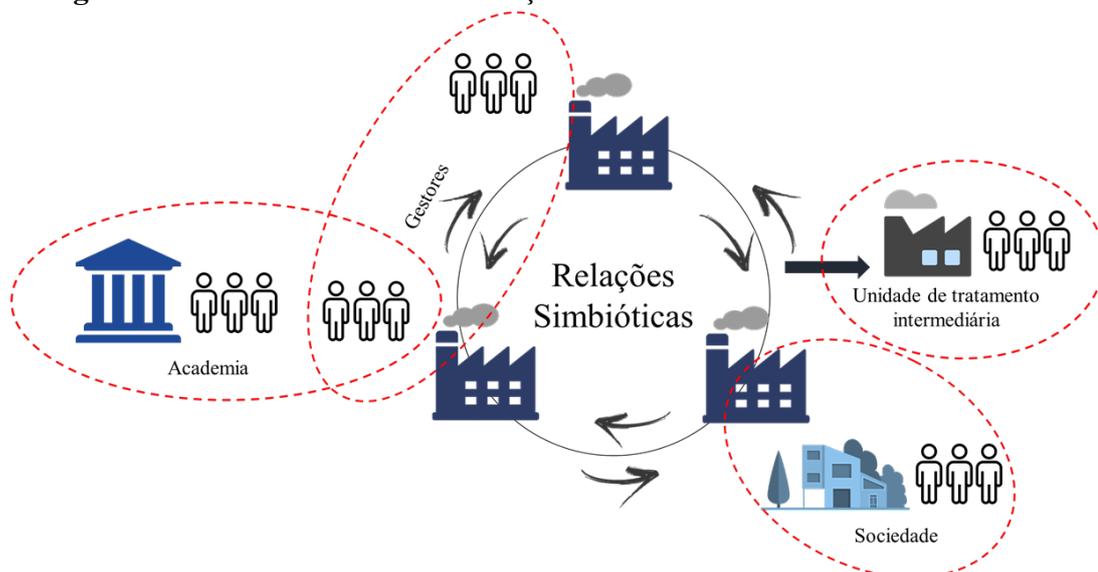
Na primeira fase intitulada germinação (*sprouting*), existem testes de trocas de materiais entre as organizações, também acontecem “descobertas” de possibilidades de intercambio, com isso são feitas as relações e aglomerações de empresas com fins econômicos, não incorporando ainda benefícios ao meio ambiente (CHERTOW; EHRENFELD, 2012).

Na etapa seguinte, a descoberta (*uncovering*), os links criados entre as empresas geram externalidades ambientais positivas, o aprendizado regional passa a ser uma meta comum para os membros, aqui se dá início à cultura de cooperação em vista do desenvolvimento, começam a circular valores com relação a ações relacionadas ao meio ambiente. Por fim, a institucionalização (*institutionalization*), a rede de trocas se tornou intencional, dirigidas por diretrizes institucionais. Segundo os autores, os estágios não são fixos, mas de forma descontinuada interagem entre si podendo acontecer de uma maneira não linear (CHERTOW; EHRENFELD, 2005).

Cada rede de SI é dependente de uma série de condições atreladas às realidades econômicas, sociais, tecnológicas e de gestão (YAP; DEVLIN, 2016). Aspectos técnicos como: localização geográfica e proximidade das instalações, disponibilidade de serviços e estruturas de transportes. O poder público deve oferecer políticas de incentivo a práticas de Economia Circular, fomentando junto a institutos de pesquisa e sociedade empresarial a conscientização necessária para este tipo de iniciativa com base nas realidades regionais.

Outro âmbito ainda sub explorado na SI refere-se aos fatores sociais. Naturalmente, a Simbiose Industrial envolve duas ou mais atividades de colaboração, ao se estabelecerem os fluxos de materiais e energia, também são constituídas relações sociais (figura 5). A cooperação entre as empresas, independentemente do nível de confiança estabelecido, já constitui uma rede de relações sociais. Da mesma forma, a rede de inovação criada a partir das necessidades técnicas atreladas a SI, as pessoas envolvidas nestes *networks* geram interações sociais (VELENTURF; JENSEN, 2015).

Figura 5 – Simbiose Industrial e relações sociais



Fonte: o autor (2019)

Acrescenta-se ainda que, em alguns casos, a geração de novas tecnologias, especialmente daquelas incorporadas em unidades de processamento intermediárias são intrinsecamente geradores de relações sociais positivas ao criarem postos de trabalho para a comunidade no entorno das instalações (BERKEL *et al.*, 2009). A atividade de inovação que também cria diálogo entre academia e as empresas são geradoras de relações sociais, assim como o impacto positivo ao meio ambiente e conseqüentemente à sociedade.

São vastas as implicações sociais envolvendo as práticas de SI. Redes sociais e inovação são temas chaves para pesquisas futuras que visem completar temáticas referentes à Simbiose Industrial (YAP; DEVLIN, 2016).

Além dos aspectos técnicos supracitados, existe ainda o conflito teórico/prático entre Simbiose Industrial e Produção Mais Limpa. Yap e Devlin (2016), ao estudar o maior conjunto de trocas simbióticas em atividade no mundo, na Dinamarca, apontam que 11 de 81 trocas simbióticas são descontinuadas e em seis destas a produção mais limpa reduziu o fluxo de resíduos, aumentando a produtividade da indústria.

Uma vez que a produção mais limpa tem o objetivo de otimizar os processos produtivos reduzindo o consumo de matérias primas e geração de resíduos, ela pode colocar em risco as trocas simbióticas estabelecidas sem a devida avaliação técnica, podendo comprometer capital investido e continuidade de um processo produtivo crítico ou recém-criado de uma outra organização. Ademais, a P+L não é a única ferramenta que pode “descontinuar” relações de trocas simbióticas, a logística reversa e os próprios sistemas de gestão ambiental (SGA) são ferramentas que diminuem a geração de resíduos e fluidos pelo gerenciamento dos processos de produção e transporte de materiais e energia.

A questão está além da avaliação da viabilidade tecnológica, logística e características físico/químicas dos resíduos gerados pelas empresas. Os materiais elencados para fazerem parte do fluxo simbiótico devem ser examinados em uma perspectiva crítica de forma que os *links* estabelecidos não estejam camuflando falhas nos processos produtivos que não tem a devida atenção dos gestores e responsáveis técnicos.

Da mesma forma, devem ser analisados os projetos para dimensionamento de estrutura de utilidades (frio, calor, subestação) e tratamento de resíduos (unidades de processamento de material, estação de tratamento de efluentes) compartilhados, que também se enquadram no escopo da SI. Estas instalações geralmente envolvem elevados investimentos e podem alcançar

a condição de ociosidade pela diminuição das demandas por parte das empresas envolvidas em função da otimização de processos produtivos.

2.3 Algumas iniciativas de produção científica, relacionada à Simbiose Industrial, em Teresina-PI

No Piauí, estado da universidade deste estudo, existem poucos estudos relacionados as práticas de SI, os registros encontrados são de 2014 onde o Núcleo de Iniciação à Pesquisa (NIP) do Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA) desenvolveu um estudo de práticas de Ecologia Industrial do polo industrial sul de Teresina, o trabalho gerou uma monografia que estuda as relações de SI a partir de uma indústria madeireira (LIMA, 2013), mas que não reflete a totalidade do polo industrial em questão considerando outros potenciais resíduos gerados por empresas vizinhas.

Na Universidade Federal do Piauí foi localizada uma monografia que faz menção ao tema, estudando a SI em um nível interno na reutilização de calor de um processo de produção cerâmico em uma empresa da grande Teresina (MARTINS, 2017). Também da UFPI foi defendida uma dissertação que estudou aspectos de sustentabilidade e potenciais práticas simbióticas no distrito industrial sul de Teresina a partir do modelo proposto por Oberlaender (2016) (DUARTE, 2018).

Em consulta ao UNIFSA, está em curso o desenvolvimento de um outro projeto de iniciação científica envolvendo análise do fluxo de materiais como ferramenta para estudo de práticas de EI em uma cervejaria artesanal, o projeto ainda se encontra em curso e tem previsão de finalização no primeiro semestre de 2019.

3 METODOLOGIA

Este capítulo aborda os procedimentos metodológicos utilizados para a realização desta pesquisa. Serão apresentados: cálculo da amostra e procedimentos para coleta e organização de dados.

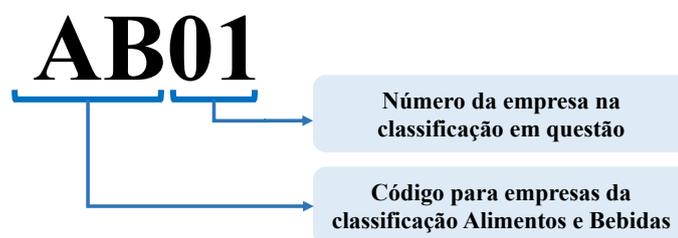
3.1 População e Amostra

A população desta pesquisa engloba as Indústrias de Teresina segundo a Federação da Indústria do Estado do Piauí. De acordo com o cadastro industrial de 2014, Teresina dispõe de 1566 unidades industriais, entre as classificadas como de pequeno, médio e grande porte (FIEPI, 2014).

De acordo com a classificação da FIEPI, a indústria de Teresina está distribuída em 31 segmentos de atuação (quadro 2). Para a seleção da amostra, foi utilizado a viabilidade de acesso às empresas por parte do pesquisador. Apesar desta limitação, buscou-se realizar a pesquisa com empresas de micro, pequeno, médio e grande porte, distribuídas em diferentes zonas da cidade, de forma que representasse a maior variedade possível de setores. Desta forma, foram pesquisadas 33 empresas, representando 16 setores da indústria de Teresina e compreendendo as quatro categorias quanto ao seu tamanho. A visitas aconteceram entre agosto e dezembro de 2018.

A nomenclatura das unidades se dá conforme sua tipologia, segundo o catálogo industrial da FIEPI (2014). Por questões de confidencialidade das informações das empresas envolvidas na pesquisa, cada uma é representada com um código composto por duas letras e dois números (figura 6).

Figura 6 – Código para identificação das empresas na pesquisa



Fonte: o autor (2018).

As letras correspondem a tipologia da empresa, segundo o catálogo industrial da FIEPI (2014) (vide quadro 2), e os números indicam o número correspondente da empresa na pesquisa dentro desta classificação.

Quadro 2 – Letras para formação dos códigos das empresas na pesquisa segundo classificação FIEPI

Alimentos e bebidas	AB
Captação, tratamento e distribuição de água	CA
Cerâmica e concreto	CC
Couro e derivados	CD
Eletricidade, Gás e Água Quente	EQ
Extração de minerais não metálicos	EN
Fabricação de artigos de borrachas e plástico	FP
Fabricação de celulose, papel e prod. de papel	FL
Fab. De instrumentação médico hospitalar	MH
Fab. De máquinas, aparelhos e materiais elétricos	ME
Fab. De máquinas e equipamentos	FE
Fab. De materiais eletrônicos aparelhos equip de comunicação	CM
Fabricação de outros equipamentos de transporte	TR
Fab. De produtos minerais não metálicos	MN
Fab. De Produtos químicos	PQ
Fab. E montagem de veículos, automóveis e carrocerias	AC
Ferro e outros metais	FF
Gesso, mármore e granito	GG
Indústria gráfica	IG
Moda e vestuário	MV
Móveis e artefatos de madeira	AM
Outras atividades	OT
Pneumáticos	PN
Preparação de couro e artefatos de couros	CR
Preparação de automóveis e acessórios	PA
Silvicultura	SL
Serviços prestados a empresas	SE
Outros serviços	OS
Serviços pessoais	SP

Fonte: o autor (2018)

3.2. Procedimentos Metodológicos

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando o Portal de Periódicos da CAPES, *Web of Science* e bibliotecas de teses e dissertações das principais universidades do país. Além de, pesquisa documental em materiais institucionais da Confederação Nacional da Indústria (CNI), das federações da indústria dos estados do Piauí, Alagoas, Minas Gerais e Paraná e da

International Synergies. Os estudos e mapas bibliométricos foram construídos a partir dos *databases* fornecidos pelo *Web of Science* com processamento de dados feito no *software* VOSviewer.

Foram realizadas visitas em campo para compreensão dos processos produtivos dos ramos e das empresas; analisadas entradas, saídas e práticas relacionadas ao tratamento e destinação dos resíduos gerados. Assim como aspectos relacionados aos sistemas de utilidades (frio, calor, energia elétrica), utilização e/ou necessidades de Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Efluentes (ETE).

A coleta de dados se deu com a utilização de um formulário com perguntas abertas e fechadas, baseado na resolução CONAMA 312/02 (apêndice 1) para os aspectos relacionados a resíduos sólidos e com base em tópicos observados na literatura para as informações pertinentes e energia e fluidos. O tratamento dos dados se deu com a utilização do pacote *Office*, ferramentas do *Google*.

Para a construção de um cenário de potencialidades de SI, foi utilizada a proposta metodológica de Trama e Magrinni (2017) de avaliação da possibilidade de conversão de distritos industriais tradicionais em eco parques. Do método das autoras, foram mantidas as análises de cada unidade produtiva em três dimensões abrangendo dez fatores (vide quadro 3). Da proposta inicial, incluiu-se o critério de potencialidade de SI e foram atribuídas regras para pontuação.

Quadro 3 – Critérios e formas de pontuação

Dimensão	Critério	Pergunta	Pontuação
Relacionamento	A: atores envolvidos	Quais os atores envolvidos na indústria?	a) Poder público <i>ou</i> privado (3); b) Poder público e privado (6); c) Anteriores com Envolvimento da comunidade (10).
	B: fontes de financiamento	Quais as fontes de financiamento?	a) Apenas setor público ou privado (5); b) PPP (10).

	C: relações de troca e venda	Existe algum tipo de relacionamento entre indústrias? (troca e venda de materiais)	Pontuar conforme abaixo (somatório, até máximo 10): a) Plástico, latas e papel para catadores e associações locais (2); b) Venda/retorno de materiais para atendimento de legislações como PNRS (3); c) Venda/envio de materiais para outras empresas para utilização em outros processos produtivos, com oportunidades de novas trocas e/ou compartilhamentos (3); d) Venda/envio de materiais para outras empresas para utilização em outros processos produtivos, sem oportunidades novas de trocas e/ou compartilhamentos (5).
Infraestrutura	D: infraestrutura viária e serviços de transporte	Sistema viário para transporte dos materiais estão em boas condições? A indústria possui algum serviço logístico para estabelecimento das trocas.	Pontuar conforme abaixo (somatório): a) Sem estrutura pra transportar ou sem serviço para tal (0); a) Sistema viário viável (2); b) Utiliza frota própria (3); c) Frota do recebedor (2); d) Serviço logístico entre empresas para resíduos (5).
	E: serviços de uso comum	A empresa utiliza algum serviço comum? (ETE, ETA, Central de tratamento de resíduos...)	Pontuar conforme abaixo (somatório): a) Pontuar 5 se existir um serviço compartilhado; b) Pontuar mais 2,5 para cada outro serviço compartilhado.
Sustentabilidade	F: Sistema de gestão ambiental	A indústria realiza um monitoramento da qualidade do meio ambiente? A indústria adota medidas de melhoria contínua do desempenho ambiental?	Pontuar conforme abaixo: a) Existência de algum monitoramento ambiental (2); b) Funcionários dedicados a atividades ambientais (3); c) Coleta Seletiva implantada (2); d) Treinamentos e campanha ambientais (2); e) Práticas de ecologia industrial (3). OU: SGA claramente implantado (10)

	G: Certificação ambiental	A empresa possui alguma certificação ambiental? A empresa depende de alguma regularidade ambiental para comprar insumos ou vender seus produtos?	Pontuar conforme abaixo: a) Não possui (0); b) A empresa está se preparando para buscar uma certificação ambiental (4); c) A empresa precisa de certificados de destinação final para compra de insumos e venda dos seus produtos? OU: A empresa possui ISO 14001 ou outra certificação ambiental (10);
	H: Gestão de resíduos sólidos	Há alguma forma de gestão do resíduo sólido e efluentes, como redução da geração de resíduo na fonte, reutilização, reciclagem, tratamento ou descarte do resíduo sólido?	Pontuar conforme abaixo (somatório): a) Coleta seletiva (2,5); b) Destinação final adequada e com emissão de certificado de destinação final (2,5); c) Área ou estação de processamento de materiais (5). OU: Práticas de SI existentes (10);
	I: Gestão de efluentes	A indústria adota alguma técnica de minimização de efluentes líquidos? A indústria dispõe de ETE própria ou compartilhada?	a) Técnica de minimização de geração de efluentes (6); ou b) ETE própria ou compartilhada (10).
	J: Potencialidades SI observadas	Existem possibilidades claras de estabelecimento de SI	a) Materiais para estabelecimento de SI mas sem geração expressiva (5); ou b) Geração de materiais ou efluentes com geração expressiva, com grande potencialidade de SI (10); ou c) SI Existente (10);

Fonte: o autor (2018), adaptado de Trama e Magrinni (2017).

Com isso, as informações das visitas técnicas propiciaram a realização da avaliação dos critérios de potencialidades de SI (quadro 3). Cada critério tem um grau de importância e um peso relativo atribuídos pelas autoras do método (tabela 2), a partir da consulta a especialistas da área. Nesta pesquisa, por ter sido um item de inclusão do autor, o critério G teve seu grau de importância atribuído por este, tendo em vista o escopo e objetivo do trabalho.

As informações advindas das visitas técnicas foram compiladas e pontuados os dez aspectos constituintes das três dimensões em questão, fornecendo um valor de potencialidade de SI para cada empresa individualmente (P_{reali}), para cada setor ($P_{realsetor}$) e para a amostra (S), quadro 4.

Tabela 2 – Graus de importância e pesos relativos dos critérios

DIMENSÃO	CRITÉRIO (G_{REAL})	GRAU DE IMP. (H_T)	PESO RELATIVO (R_T)
RELACIONAMENTO	A: atores envolvidos	10	0,1176
	B: fontes de financiamento	8	0,0941
	C: relações de troca e venda	10	0,1176
INFRAESTRUTURA	D: infraestrutura viária e serviços de transporte	5	0,0588
	E: serviços de uso comum	9	0,1059
SUSTENTABILIDADE	F: Sistema de Gestão Ambiental	7	0,0824
	G: Certificação ambiental	8	0,0941
	H: Gestão de resíduos sólidos	10	0,1176
	I: Gestão de efluentes	8	0,0941
	J: Potencialidades SI observadas	10	0,1176

Fonte: o autor (2018), adaptado de Trama e Magrinni (2017).

De maneira análoga, partindo de P_{reali} , pode-se calcular a potencialidade de SI para cada bairro, cada segmento da indústria, assim como para os distritos industriais já existentes e toda a amostra em estudo.

Para cada empresa pesquisada foram investigados: os aspectos gerais da empresa, descrição sobre o processo produtivo, a avaliação dos critérios de potencialidades de SI, a listagem dos materiais que já fazem parte de algum processo de SI e *cases* da literatura que apontam soluções relacionadas a este tipo de material, apresentando a potencialidade de aproveitamento e/ou casos reais de aplicação deste.

Quadro 4 – Indicadores para cálculo de potencialidade de SI

Indicador	Fórmula	Significado
P_{reali}	$P_{reali} = \left[\sum_{t=1}^{10} (g_{real} \times r_t) \right]$	Potencialidade de uma empresa estabelecer trocas simbióticas, pelas condições e aspectos avaliados.
$P_{reali(\%)}$	$P_{reali} = [\sum_{t=1}^{10} (g_{real} \times r_t)] / n g_{real}$	Potencialidade de uma empresa estabelecer trocas simbióticas, pelas condições e aspectos avaliados em %.
$P_{realsetor}$	$P_{realsetor} = [\sum_{i=1}^n (P_{reali})] / nsetor$	Potencialidade de um setor em estabelecer trocas simbióticas, pelas condições e aspectos avaliados.
S	$P_{realsetor} = [\sum_{i=1}^n (P_{reali})] / (nsetor \times 10)$	Grau de potencialidade (%) do estabelecimento de SI de um setor.

Fonte: o autor (2018), adaptado de Trama e Magrinni (2017).

A análise das entradas e saídas de materiais e as destinações e/ou procedências destes são os principais dados necessários para a identificação de SI. Para tal, também, é importante diferenciar os tipos de trocas simbióticas realizadas (tipo 1 ao 5) e qual a classificação do tipo de SI em questão (tipo 1 ao 3) (CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008). O desconhecimento desta taxonomia pode acarretar na não observância de uma prática de SI, já atestada na literatura da área.

Nesta etapa, após a identificação (ou não) das práticas de SI, foram construídos quadros comparativos com as motivações atuais e barreiras para a adoção (ou não) da movimentação de materiais, assim como aspectos que podem ser motivações futuras a incorporação destas práticas em suas atividades.

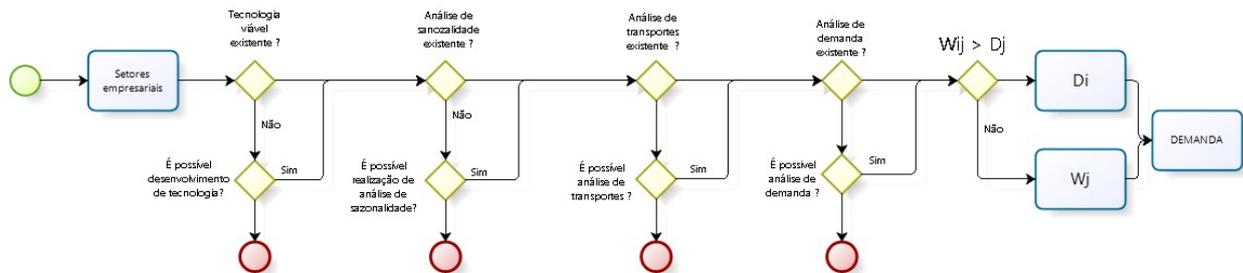
Para a proposição de novas relações simbióticas, foram tidos como prioritários os resíduos sem destinação adequada e encaminhados para o aterro sanitário. Selecionados os materiais foram averiguados:

- a) Aspectos da literatura, onde foram buscados casos semelhantes aos encontrados em campo;
- b) Disponibilidade de parcerias locais; e
- c) Viabilidade técnica segundo fluxo de decisão da figura 7.

Para as trocas viáveis, foram elaborados quadros com as informações dos materiais disponíveis para as relações, literatura disponível para o estabelecimento da troca, quantidade de parcerias locais identificadas e próximos passos que devem ser tomados pelas unidades

produtivas para a execução da proposta. Foram construídos infográficos para representação visual das trocas existentes e propostas após a execução do trabalho.

Figura 7- Análise de viabilidade técnica para estabelecimento de SI



Fonte: o autor (2018), baseado em Dong (2017).

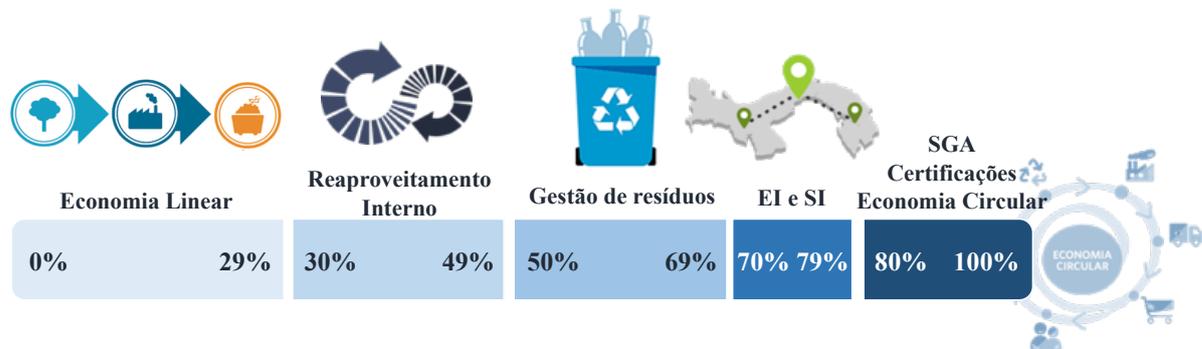
Para a análise estatística multivariada, foram utilizados os dados das pontuações dos critérios por empresas (apêndice 2), as informações de localização e porte das empresas. Para o processamento dos dados foi utilizado o programa *SAS*. Foram realizadas análises de agrupamento, componentes principais e correlações entre as variáveis, o algoritmo utilizado para o cálculo pode ser consultado no apêndice 3.

3.3 Análise das potencialidades por empresa

O valor percentual apontado para as potencialidades de SI não sugere, instantaneamente, que a empresa possa ou não estabelecer uma troca simbiótica; indica o cumprimento de atividades que antecedem o estabelecimento da SI. Como observado na literatura e discutido em outras seções do trabalho, a SI não deve mascarar processos de produção com altos níveis de perdas e falta de gerenciamento de materiais. Também, não é recomendada sua execução sem o atendimento de outros aspectos ambientais, como a coleta seletiva e o atendimento da PNRS.

Algumas considerações podem ser feitas para as empresas levando em conta o percentual de potencialidade de SI obtido. A figura 7 apresenta como as empresas podem estar classificadas quanto a suas atividades e práticas com resíduos e fluidos a partir desse indicador. Esta classificação foi feita baseada nas características comuns observadas entre as empresas com faixa percentual semelhante.

Figura 8– Considerações sobre o percentual de potencialidade individual de Simbiose Industrial das empresas



Fonte: o autor (2019).

Neste trabalho, considera-se que as empresas com percentual de 0% a 29% de atendimento à SI, ainda, têm um modelo de produção linear, necessitam dar os primeiros passos com relação a atividades de gestão ambiental, como a identificação e segregação dos subprodutos. Para estas empresas são recomendadas parcerias locais para o tratamento de resíduos que podemos considerar como mais simples. A separação de papel e plástico para venda no mercado local são exemplos destas iniciativas.

Na segunda faixa, de 30% a 49%, além da execução de tarefas que caracterizam o nível anterior, as empresas realizam o reaproveitamento de materiais dentro do próprio fluxo de produção. Geralmente, possuem uma unidade de reprocessamento de material, este é armazenado e adicionado à produção gradativamente em percentuais que não comprometam a qualidade do produto final.

Durante a execução da pesquisa, pode-se observar alguns equívocos por parte das empresas que realizam o reaproveitamento interno. Em mais de uma unidade, os gestores ou responsáveis pelos setores de produção relataram que não tinham perdas no processo produtivo, uma vez que os subprodutos são reprocessados. Esta lógica é equivocada uma vez que reprocessar os materiais demanda energia elétrica, água, mão de obra, deprecia-se os equipamentos e o subproduto retrabalhado não pode ser utilizado integralmente no processo produtivo, precisa ser dosado para não comprometer os parâmetros de qualidade do produto final.

As empresas com percentuais entre 50% e 69% de atendimento à SI, são aquelas com programas e iniciativas para a gestão de resíduos, nem sempre motivadas pela conservação dos recursos naturais, mas por economia e visualização de geração de receita. Realizam, em sua maioria, a segregação dos resíduos e procuram dar destinação adequada para estes.

As unidades que alcançam a faixa percentual de 70% a 79% começam a estabelecer relações de trocas/venda/compartilhamento de materiais com outras empresas. Estas operações não utilizam o termo simbiose industrial, nem (em sua maioria) tem consciência que realizam práticas de ecologia industrial, mas por oportunidades financeiras e pelo início de consciência ambiental que motiva a economia de materiais, iniciam a estabelecer parcerias. Uma limitação para que empresas do município de Teresina estabeleçam relações de troca/venda/compartilhamento é que a unidade recebedora nem sempre está apta para emitir o certificado de destinação final dos materiais.

As empresas que atingem os percentuais mais altos (a partir de 80%) são aquelas que, em sua maioria, tem um sistema de gestão ambiental implantado e bem executado e, ainda, algum tipo de certificação ambiental, e de forma consciente executam práticas de EI. Para estas fábricas, já é fundamental uma boa imagem relacionada à sustentabilidade perante seus clientes, fornecedores e a sociedade. As suas relações de compra e venda de matérias primas também tem como requisitos a apresentação de certificados de destinação final dos materiais e outras adequações em aspectos ambientais legais.

Nas unidades desta faixa percentual, existe no mínimo um colaborador com tarefas exclusivas relacionadas ao meio ambiente, quando já não possuem funcionários ocupando cargo de liderança ou uma gerência dedicada para isso. Ressalta-se que a maioria das relações estabelecidas de troca/compartilhamento de materiais não são com empresas regionais, uma vez que estas não emitem certificado de destinação final.

A unidade de potencialidade de SI foi desenvolvida como uma métrica que indica em uma escala de 0 a 100, o nível de aptidão que uma empresa (ou de um grupo de empresas) para o estabelecimento de SI. Quanto mais próximo de 100%, mais a empresa tem de maneira consolidada práticas de gestão ambiental e pode implementar (ou continuar a implementar) trocas simbióticas, e que elas não estarão comprometendo aspectos como a produção mais limpa e gestão das operações industriais, mas funcionando como uma atividade que auxilia os processos de gestão existentes.

Nas próximas seções, as fábricas estudadas são agrupadas por ramo de atuação, tem suas atividades caracterizadas, seus percentuais de potencialidade de SI analisados, assim como atividades de destinação dos materiais, motivações para as práticas atuais e futuras, além da sugestão de relações simbióticas.

Nas próximas seções serão apresentadas as análises por setor e agrupamento de setores com as práticas de SI existentes, e as propostas a partir das análises realizadas. No final, é apresentado um infográfico com resumo dos possíveis estabelecimentos de SI na amostra em estudo e as implicações para sua implementação.

4. ECOLOGIA INDUSTRIAL: EVOLUÇÃO HISTÓRICA E PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Artigo publicado na Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Reciamb) que possui qualis B1 na área de Ciências Ambientais.

Sousa, Luís Henrique dos Santos Silva; Silva, Elaine Aparecida da. Ecologia industrial: evolução histórica e produção científica. **Revista Brasileira de Ciências Brasileira de Ciências Ambientais** (Impressa), p. 162-182, 2018. DOI: <http://10.5327/Z2176-947820180403>

Resumo

A Ecologia Industrial (EI) constitui conhecimento de natureza interdisciplinar que propõe a analogia entre os ecossistemas naturais e industriais, com vistas a identificar semelhanças nos processos de transformação e reaproveitamento de materiais e energia. Este trabalho apresenta a construção histórica/epistemológica da EI, o desenvolvimento da área partindo de uma revisão de literatura e a cienciometria sobre o conteúdo. Para isso, foi utilizado o Portal de Periódicos da CAPES, a base de dados *Web of Science* e o *software VOSviewer*. Constatou-se que, a EI começou a ser difundida na década de 60 sem possuir a significação atual e, posteriormente, verificou-se que a EI passou a ser notada como uma estratégia para a operacionalização do desenvolvimento sustentável. A maior parte dos trabalhos sobre EI são produzidos nos EUA (31,56%) e utilizam a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Análise do Fluxo de Materiais (AFM). As pesquisas brasileiras, representadas pelos grupos de pesquisa do CNPq, se concentram no eixo sul-sudeste, com poucos *cases* nacionais, uma vez que existem iniciativas isoladas até então não estudadas, ou até mesmo não compreendidas como EI por parte dos gestores.

Palavras chave: ecossistema industrial, cienciometria, desenvolvimento sustentável

4.1 Introdução

A ecologia industrial (EI) assim como a ecologia (tradicional) é um campo interdisciplinar, complexo e que estuda as interações de elementos em sistemas: as indústrias, o meio ambiente e a sociedade. Aparentemente paradoxos, os termos “ecologia” e “industrial” apontam para uma nova perspectiva sob os sistemas industriais, sendo estes entendidos não apenas como um setor da economia, mas como toda atividade humana de transformação dinâmica e interdependente (KAPUR; GRAEDEL, 2004).

A EI considera os ecossistemas naturais como modelos potenciais para a realização de atividades na indústria de forma mais sustentável ambientalmente, uma vez que estes têm comportamentos e potencialidades semelhantes. Os ecossistemas industriais, assim como os naturais, consistem em um sistema com fluxo de materiais, energia e informações, dependentes e mantenedores de outros sistemas.

Ao buscar uma semelhança com os ecossistemas naturais, a EI propõe a mudança do padrão linear para o padrão cíclico de produção, em que as saídas (resíduos, por exemplo) dos sistemas produtivos não sejam descartadas, mas sejam entradas de outros processos produtivos. Admitindo ainda sistemas intermediários que processe os *outputs* em *inputs* para sistema seguinte da rede.

Em sua maioria, os autores corroboram com algumas características comuns à ecologia industrial: a analogia com o mundo biológico, a perspectiva sistêmica e a mudança tecnológica (LIFSET; GRAEDEL, 2005; KAPUR; GRAEDEL, 2004; ERKMAN; FRANCIS; RAMASWAMY, 2005).

Lifset e Graedel (2005) apontam que a EI tem duas grandes áreas de concentração: análise dos processos produtivos e o *design* dos produtos. Na primeira área de concentração é proposta a análise das relações de causa e efeito dos processos produtivos com relação ao meio ambiente, materiais de entradas e saídas e efeitos no meio ambiente (extração, armazenamento, uso, destinação pós uso). Neste aspecto, a análise dos materiais acontece sob a perspectiva do ciclo de vida para realidades econômicas, ambientais e sociais. Na segunda área de concentração, a EI propõe o redesenho dos produtos, embalagens e materiais utilizados para fabricação com base nos resultados da primeira área de concentração e biomimetismo².

A EI procura responder a questionamentos relacionados a como as organizações devem reorientar o funcionamento de seus processos produtivos para uma utilização racional dos recursos naturais que não comprometa a sua disponibilidade futura combinando um denso marco conceitual (ecologia científica) com uma abordagem operacional da sustentabilidade. Apresentando, assim, uma via para o fornecimento de soluções palpáveis que viabilizam o desenvolvimento sustentável nas perspectivas ambientais, sociais e econômicas (ERKMAN; FRANCIS; RAMASWAMY, 2005).

O esforço teórico dos autores para traçar objetivos e definições para a EI, nos faz compreender que estes funcionam como geradores de perguntas complexas sobre o campo de estudo, mas apresentam de forma comum a questão norteadora da área: a preocupação do impacto humano no ambiente biofísico, com todas as suas consequências.

² Conceito desenvolvido por Janine Benyus, refere-se à imitação biológica e a replicação do comportamento dos organismos biológicos. Estuda a natureza como modelo para o desenvolvimento de novos produtos (DETANCIO; TEIXEIRA; SILVA, 2010).

Este trabalho tem o objetivo de apresentar uma construção histórica do conceito da ecologia industrial e uma análise cienciométrica que indique as questões relacionadas à produção científica a fim de conhecer a abordagem da literatura científica relacionada ao tema, além das limitações e perspectivas da EI como campo científico e de sua trajetória na indústria brasileira.

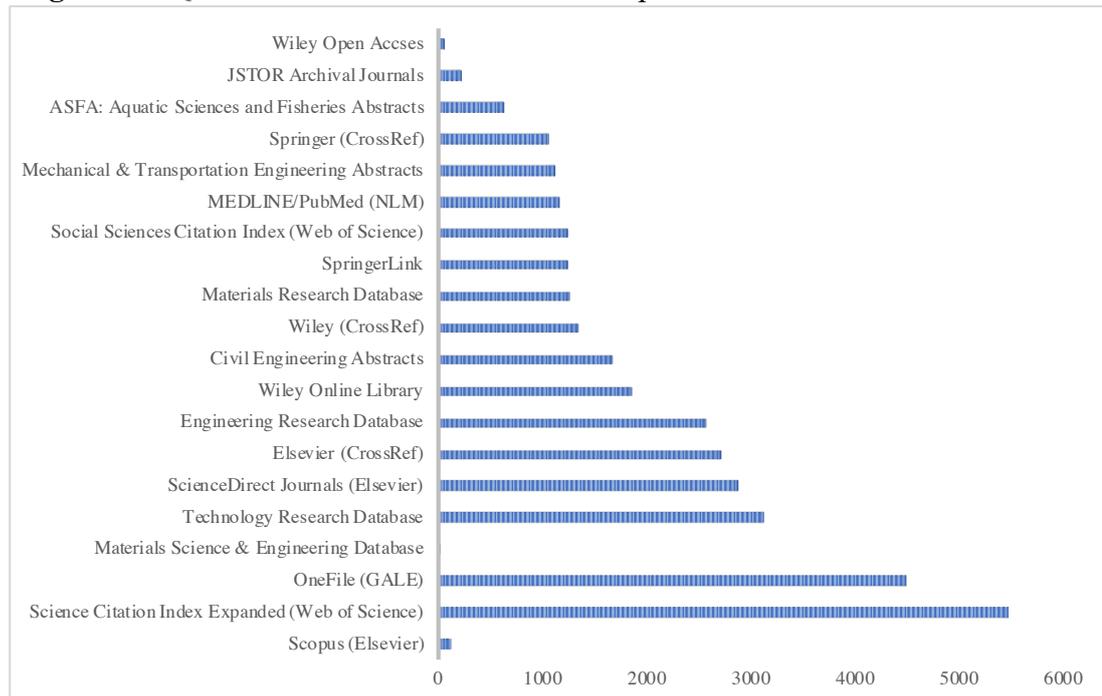
4.2 Metodologia

Para a construção deste estudo foram utilizados o Portal de Periódicos da CAPES e a base de dados *Web of Science (WOS)* para a recuperação do maior número possível de materiais referentes à Ecologia Industrial. Nestas bases foram utilizadas na opção busca avançada o termo “*industrial ecology*”. No Portal de Periódicos da CAPES foram adicionados filtros com relação a trabalhos revisados por pares, visando a recuperação de trabalhos que passaram por uma análise mais rigorosa. Também, foram adicionados filtros com relação ao tipo de material (tipo de recurso, na terminologia do portal), tendo sido selecionados artigos de periódicos e congressos.

Com isso, obteve-se 10210 trabalhos para análise. Segundo estratificação feita utilizando o Portal de Periódicos da CAPES, observou-se que a base de dados com maior número de trabalhos da amostra é a *Web Of Science* conforme apontado na Figura 9. Ademais, vale ressaltar que a soma dos trabalhos em todas as bases é de 34197, um valor muito superior ao total da busca. Isto acontece porque o mesmo trabalho pode estar indexado em diferentes bases de dados concomitantemente.

Por este motivo, a análise bibliométrica foi feita utilizando o *database* fornecido pelo portal *Web Of Science*, empregando-se o *software VOSviewer* para a criação dos mapas e estudo dos agrupamentos das localidades com aspectos comuns em suas publicações. Na análise dos *clusters* gerados pelo *VOSviewer* foram utilizadas ferramentas de mixagem de buscas no *Web Of Science* com termos referentes aos aspectos estudados. Para a criação dos gráficos e tabulação dos dados foram utilizadas ferramentas do pacote *Office*.

Além disso, foi realizada uma busca no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq com a utilização do termo “Ecologia Industrial” e seleção dos campos de busca relacionados ao título do grupo de pesquisa, temática e palavras-chave do grupo. Estes recursos foram acionados, pois a temática em questão poderia não estar explícita no nome do grupo de pesquisa, mas estar sendo citada em outro campo que diz respeito as suas atividades.

Figura 9 – Quantidade de trabalhos da amostra por base de dados

Fonte: os autores a partir do Portal de Periódico da CAPES (2018).

4.3 Construção histórica da ecologia industrial

Frocsh e Gallopoulos (1989), em “*Strategies for manufacturing*”, fazem a inserção da EI na literatura científica não pela utilização do termo, mas pela apresentação da viabilidade desta como resposta à necessidade da operacionalização do então recém-concebido desenvolvimento sustentável.

Em 1967, Ted Taylor, físico nuclear, criou a Corporação Internacional de Pesquisa em Tecnologia que desenvolvia estudos relacionados com a publicação “*The restoration of the Earth*” (TAYLOR; HUMPHSTONE, 1972), na qual Taylor em parceria com Charles Humpstone trata sobre o pensamento industrial sistêmico e a reutilização de resíduos gerados pelos processos produtivos.

Gussow e Meyers (1970) ao abordar a EI faziam alusão a um *slogan* verde associado à criação da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Já Hoffman e Shapero (1971) fizeram menção ao desenvolvimento econômico regional orientado ao meio ambiente, sem necessariamente referenciar-se às práticas comumente compreendidas no campo de estudo.

Na década de 1980, alguns autores já falavam mais claramente de abordagens alternativas para um desenvolvimento econômico ambientalmente saudável, considerando produtos físicos e resíduos como alternativas tecnológicas. Nesse período, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial e a Comissão Econômica das Nações Unidas

para a Europa versavam sobre o balanço ambiental em complexos industriais objetivando a não emissão de poluentes (ERKMAN, 1997).

Ressalta-se, nesse período, a iniciativa belga de estudar a economia do país tendo como *input* estatísticas da produção industrial e como *output* variáveis relacionadas ao fluxo de materiais e energia (em vez de resultados em unidades monetárias). O pequeno grupo de estudos, composto de biólogos, químicos e economistas, tratava em seus trabalhos de circulação de materiais e energia sumariamente de processos produtivos envolvendo metais, vidro, chumbo, plásticos, madeira e papel e produção de alimentos (BILLEN et al., 1983).

Leary (1989) argumenta que EI é combinar tecnologia, relações trabalhistas e sociologia no chão de fábrica. Trata também de aspectos que envolvem a disciplina na rotina e gestão fabril. O autor salienta que a EI traz a atenção para os locais de trabalho.

No Oriente, em meados da década de 1960, o ministro japonês de Comércio Internacional e da Indústria criou um grupo de estudos para explorar as possibilidades de desenvolvimento industrial sem a dependência das atuais taxas de consumo de matérias-primas. Em 1970, durante reunião do Conselho de Estrutura Industrial foi levada em conta a perspectiva de as atividades econômicas do país acontecerem em um ‘contexto ecológico’. Subsequentemente a esse fato, foi criado o grupo de trabalho em EI, formado por pesquisadores contratados para desenvolver a ideia de reinterpretação do sistema industrial nos moldes dos sistemas ecológicos (ERKMAN; FRANCIS; RAMASWAMY, 2005).

Em 1972, esse grupo fez sua primeira publicação, intitulada “*Industry-ecology: introduction of ecology into industrial policy*”. O relatório, de mais de 300 páginas, apontava e estimulava as relações entre as indústrias. No ano seguinte, o grupo publicou um segundo documento, já apresentando os estudos de caso das interações entre as indústrias. Deu prosseguimento às suas pesquisas sobre fluxo de energia e eco-eficiência permeando as décadas de 1980 e 90. O Japão foi o primeiro país onde as ideias de EI foram consideradas e postas em prática em larga escala (MORIGUCHI, 2000).

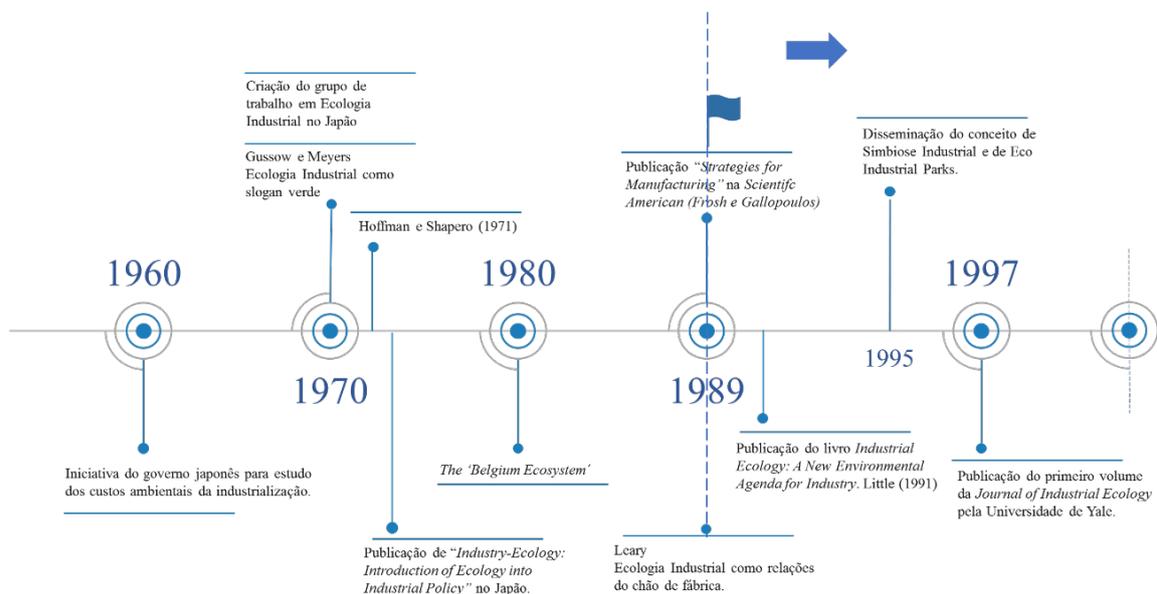
Concomitantemente aos fatos anteriores, na Rússia, o Departamento de Ecologia Industrial em parceria com o Instituto de Tecnologia Química de Mendeleev também desenvolvia trabalhos e projetos com princípios e ideias da EI (ERKMAN, 1997). A Figura 10 compreende o histórico da EI tratado neste tópico.

A visualização da EI pela academia e comunidade industrial deu-se pelo trabalho de Froesh e Gallopoulos, como mencionado anteriormente. A publicação de “*Strategies of*

manufacturing” deu o devido respaldo às ideias do estudo do fluxo de materiais e energia para a otimização do uso dos recursos naturais e diminuição da emissão de poluentes para o meio ambiente pela reorientação dos processos produtivos mediante uma visão sistemática entre empresas (CHERTOW, 2007).

Em seguida à publicação da *American Science*, Arthur D. Little publicou um fascículo intitulado “*Industrial Ecology: the new environmental agenda for industry*” (1991). Hardin Tibbs (1993) publicou novamente a obra de Little, agora com uma linguagem adaptada ao mundo dos negócios. O fascículo espalhou-se de forma rápida disseminando ainda mais as ideias da EI no ambiente de negócios.

Figura 10 – Histórico da Ecologia Industrial



Fonte: o autor (2018).

Por conta da repercussão do trabalho de Froesh e Gallopoulos (1989), a partir da sua publicação, observou-se um consenso no significado da utilização da expressão EI na literatura científica e no âmbito empresarial.

Na década de 1990, com base no que foi fundamentado pelos princípios da EI, iniciou-se a discussão da recente Simbiose Industrial e da criação dos *Eco-Industrial Parks*. Em 1997, a Universidade de Yale publicou o primeiro volume do periódico *Journal of Industrial Ecology*, marco que reafirmou a identidade da área de estudo, até então bombardeada por uma desconfiança teórico-epistemológica.

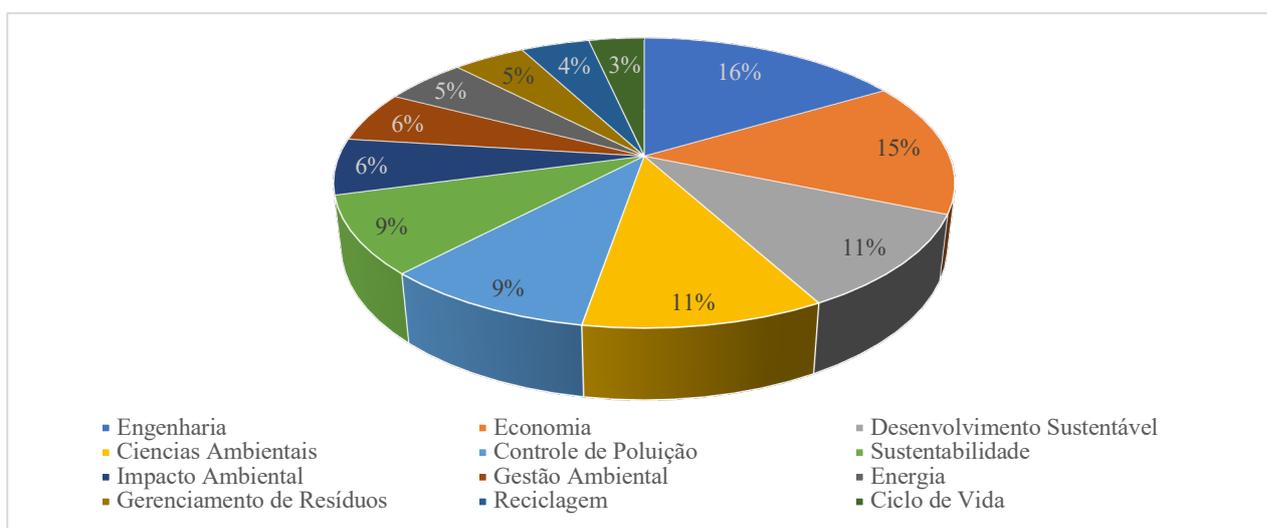
Com a consolidação da constituição teórica do termo, nos anos 2000 em diante a EI passou a significar a analogia dos sistemas industriais com os sistemas biológicos. Sobre as

características e tendências desses estudos na contemporaneidade, a seção seguinte apresenta um *overview* da IE por meio da análise cienciométrica.

4.4 Análise cienciométrica

Da amostra recuperada no Portal de Periódicos da CAPES, 98,52% dos trabalhos encontram-se em língua inglesa. As áreas predominantes são relacionadas à engenharia e, principalmente, a aspectos concernentes à sustentabilidade, como: gestão ambiental, energia, ciclo de vida, controle de poluição, entre outros (Figura 11).

Figura 11– Área dos trabalhos recuperados no Portal de Periódico da CAPES



Fonte: o autor a partir do Portal de Periódicos da CAPES (2018).

Ainda, acerca da amostra recuperada no Portal de Periódicos da CAPES, constatou-se que, dos periódicos nos quais os trabalhos estão publicados, se destacam o *Journal of Industrial Ecology* e o *Journal Of Cleaner Production*. As bases em que esses trabalhos estão indexados, conforme apresentado (na figura 1), têm maior número de indexações na base WoS.

As análises posteriores foram feitas fundamentadas com base em uma amostra de 1.928 trabalhos recuperados na WoS com a utilização do *software VOSViewer*.

Conforme os dados dessa amostra, a relevância da EI, na literatura científica, é evidenciada pela grande quantidade de materiais recuperados. A maioria dos trabalhos (78,21%) corresponde a artigos científicos que foram publicados nos últimos dez anos (72,45%). Analisando todo o universo recuperado, o ano de 2017, foi o com o maior número de publicações em EI (Figura 12).

Figura 12 – Número de trabalhos publicados em Ecologia Industrial (2009-2018)

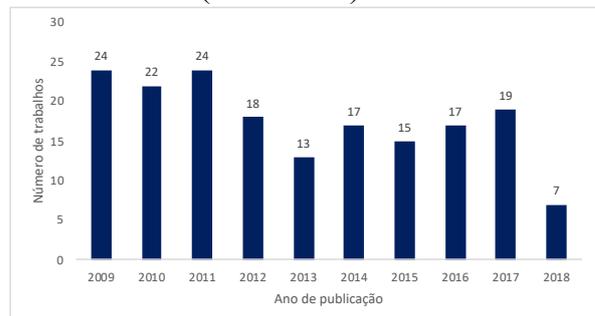
Fonte: o autor a partir de dados da WoS (2018).

A segunda maior parcela de tipos de publicação são os *proceedings papers*, ou seja, artigos dos anais de eventos da área. Com base nos resultados encontrados, foram analisadas as quantidades e a tendência de publicações de artigos e *proceedings papers* em EI (figuras 13 e 14).

Enquanto as publicações com a terminologia ecologia industrial vêm aumentando nos últimos anos nos periódicos, vem decrescendo a quantidade desses trabalhos divulgados em eventos científicos, contudo, isso não é uma indicação de que a temática está sendo menos discutida. Desde 2014, com a inserção do conceito de economia circular como escola de pensamento, muitos dos assuntos e aspectos antes tratados pela EI agora estão sendo incorporados pela economia circular.

Figura 13 – Produção em EI em periódicos (2009-2018)

Fonte: o autor a partir de dados WoS (2018)

Figura 14 – Produção em EI em eventos científicos (2009-2018)

Fonte: o autorea partir de dados da WoS (2018)

Ainda sobre o total dos trabalhos recuperados, estes encontram-se distribuídos em diversas áreas, com destaque para: ciências ambientais (67,34%), engenharia ambiental (61,28%), sustentabilidade e tecnologia (56,44%). Isso pode ser observado pela análise das palavras-chave utilizadas nos trabalhos em estudo (Figura 15).

Na árvore das palavras-chave dos trabalhos recuperados (Figura 14), as *key words* têm o seu nível de incidência representado pelo tamanho das fontes e caixas de texto: quanto mais citada, maior o *frame*. As cores indicam o período da maior incidência das palavras segundo a escala apresentada na figura. Com esses resultados, constata-se a concentração dos trabalhos nas áreas correlatas às ciências ambientais, tais como: ecologia, produção mais limpa e impactos ambientais. Também, podem ser visualizados temas abordados mais recentemente na área, como “*international trade*”, “*carbono footprint*”, “*construction*”, indicando assim tendências na área.

Pela análise das palavras-chave, ainda podem ser identificadas ferramentas e metodologias utilizadas no campo da EI: avaliação do ciclo de vida (“*life-cycle assessment*” e “*life cycle assessment (LCA)*”) e análise do fluxo de materiais (“*input-output analysis (IOA)*”, “*material flow analysis (MFA)*”, “*substance flow analysis (SFA)*”).

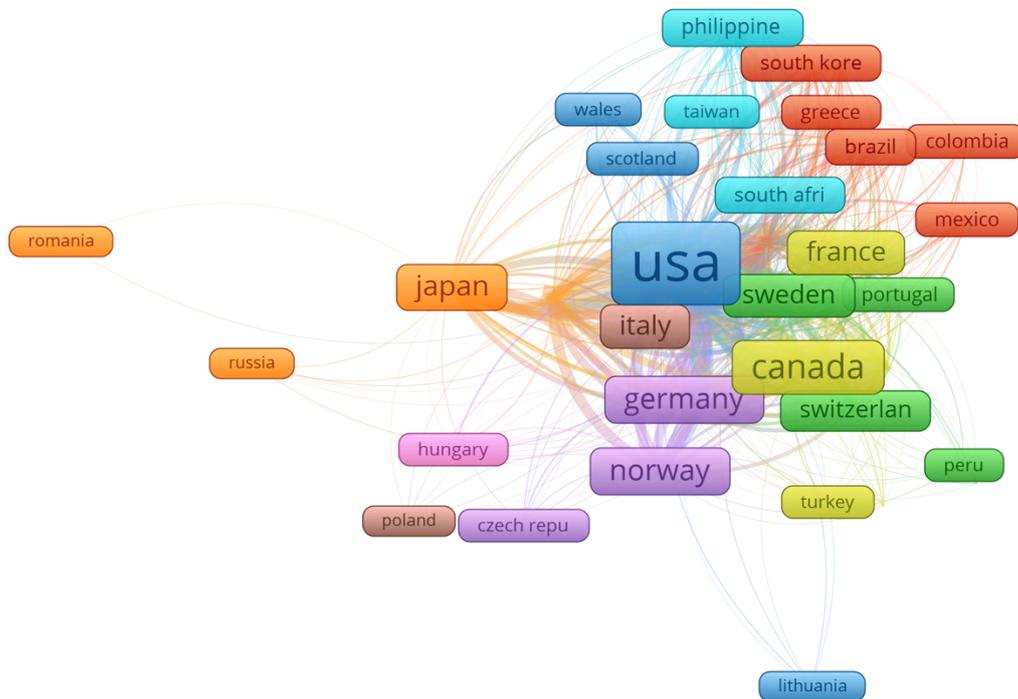
Quanto aos países, os Estados Unidos são os que mais produzem e publicam material científico em EI, com 31,53% (608) dos trabalhos, seguidos da China (11,25%), Inglaterra (8,76%), Canadá (5,81%) e Alemanha (5,60%). Pelo ranking oferecido pela WoS, o Brasil está na 19ª posição, com apenas (1,19%) da produção. Verifica-se também que 98,39% do total de trabalhos foi publicado na língua inglesa. Em francês, espanhol e português foram publicados percentuais inferiores a 0,5% para cada idioma.

Com a análise da quantidade de publicações por países e a relação de citações entre os países com auxílio do software *VOSViewer*, os trabalhos podem ser agrupados em nove *clusters* de países com temáticas e afinidades pelo uso do mesmo conjunto de referências (tabela 3).

Tabela 3 – Clusters de países a partir da análise do *VOSViewer*

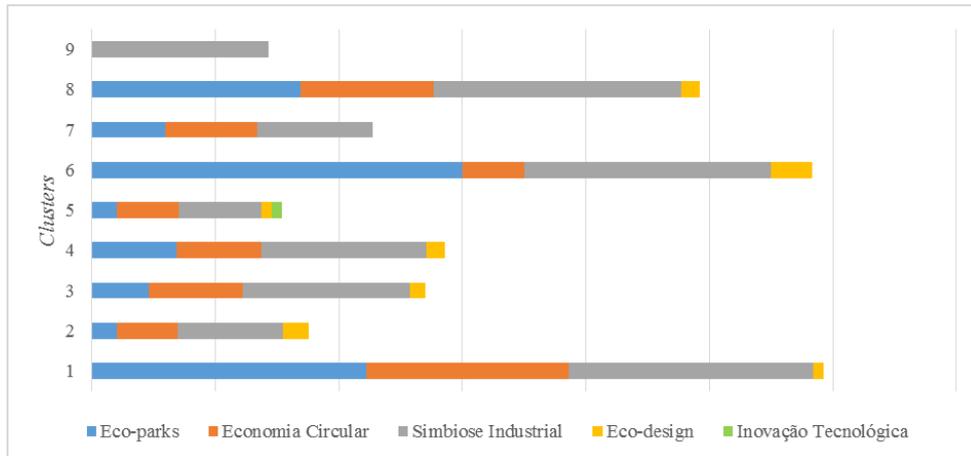
Clusters	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Países	Brasil	Irlanda	Inglaterra	Bélgica	Austrália	Malásia	Japão	Itália	Hungria
	Colômbia	Peru	Finlândia	Canadá	Áustria	Filipinas	Holanda	Polônia	
	Índia	Portugal	Lituânia	Dinamarca	R. Tcheca	Singapura	Romênia		
	México	Espanha	Escócia	França	Alemanha	África do Sul	Rússia		
	China	Suíça	EUA	Indonésia	Noruega	Taiwan			
	Coréia do Sul	Suécia	Gales	Turquia					
	Tailândia								

Fonte: o autor a partir de dados da WoS (2018).

Figura 16 – Quantidade de trabalhos produzidos por país e relações de citações

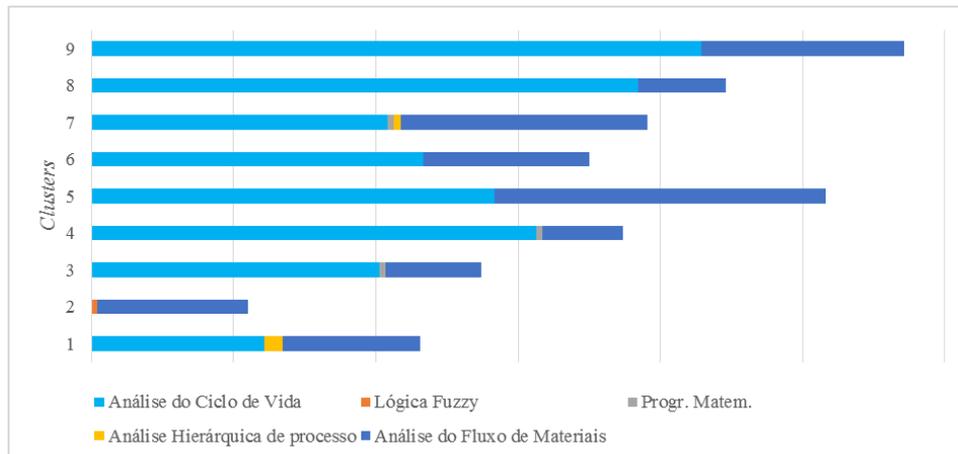
Fonte: o autor (2018)

Figura 17 – Análise das temáticas por *clusters* de países



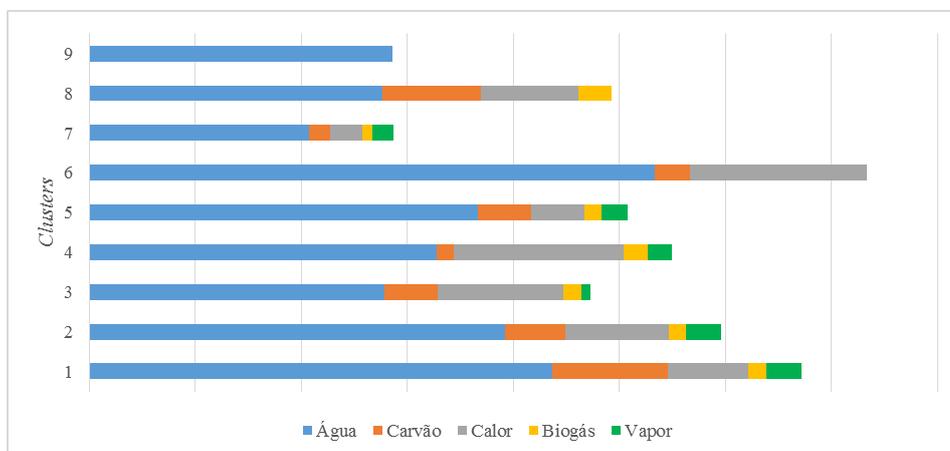
Fonte: o autor a partir de dados da WoS (2018).

Figura 18 – Análise dos materiais em estudo por *clusters* de países



Fonte: o autor a partir de dados da WoS (2018).

Figura 19 – Análise dos materiais em estudo por *clusters* de países



Fonte: o autor a partir de dados da WoS (2018).

Analisando os resultados (Figura 17), incide-se que todos os *clusters* de países estudam aspectos relacionados à EI como simbiose industrial e eco-parks, e eles já utilizam o termo Ecologia Industrial como área de concentração desses estudos. Ressalta-se que aspectos de inovação tecnológica são encontrados apenas no *cluster* 5 (PEREY *et al.*, 2018).

Todos os conjuntos de países têm como metodologia de estudo majoritária da EI a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (MANDERSON; CONSIDINE, 2018; LASO *et al.*, 2018) e a análise do fluxo de materiais (SOULIER *et al.*, 2018; SCHANDL *et al.*, 2018; CAO *et al.*, 2018) (Figura 18). A Análise Hierárquica de Processo é encontrada como ferramenta para tomada de decisão nos *clusters* 1 e 7 (YAZAN *et al.*, 2018; PRAKASCH; BARUA, 2015), e não foi recuperado nenhum resultado da sua utilização no *cluster* do seu país de origem (Estados Unidos).

Quando analisados em relação aos materiais envolvidos nas atividades de EI, os estudos indicam a necessidade de otimização do consumo e a conservação dos recursos naturais. Desse modo, os trabalhos recuperados tratam predominantemente sobre água, atividades de reuso, tratamento e compartilhamento de sistemas de efluentes (AMÓN *et al.*, 2018; PAGOROPOULOS *et al.*, 2018). Destaca-se praticamente em todos os *clusters* a presença de estudos envolvendo biogás (THOMSEN *et al.*, 2017; FALLDE; EKLUD, 2014).

Quanto à autoria, os trabalhos têm concentração menor por autores, nenhum ultrapassando a marca de 1,3% do total das publicações. Destacam-se: Graedel (25), Lifset (21), Stromman (19), Keoleian (16), Korhonen (16) e Hertwich (15).

Graedel tem no início de seus trabalhos o esforço para conceituar, definir as abordagens e estudar o histórico da EI (GRAEDEL, 1992; 1996; 2000). A partir de 2009, os estudos começaram a direcionar-se para estoque e reciclagem de metais como chumbo, metais raros, níquel, entre outros (GRAEDEL, 2009; 2011a; 2011b; 2011c). Recentemente, vem sendo utilizada a abordagem de ciclo de vida para estudar zinco e chumbo. O autor analisa também a disponibilidade de materiais utilizados para o desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de energia, especialmente energia nuclear, apesar de nem sempre constatar criticidade entre as diferenças nas relações de oferta e demanda dos materiais estudados (GRAEDEL, 2015^a; 2015b; 2015c; 2015d; 2015e; 2018).

Lifset já aponta aspectos relacionados ao futuro da EI, além de tratar recentemente de assuntos como manufatura aditiva e transparência e acessibilidade das informações para estudos

de EI (LIFSET, 2017; 2018; KELLENS, 2017). Stromman concentra seus trabalhos em ACV de materiais elétricos de carros (STROMMAN, 2013; 2014).

As organizações que mais produzem, por consequência, são norte-americanas, apesar de, ao analisar as instituições (Figura 20), termos uma universidade norueguesa ocupando o segundo lugar, o que aponta relativa importância do tema como problemática nos grupos de pesquisa no país, embora este ocupe a 10^a posição de produção. As instituições que ocupam os primeiros lugares de produção sobre EI são: Universidade de Yale (81), Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia (72) e Universidade de Michigan (47).

Não obstante serem as maiores detentoras da quantidade de publicações na área, as instituições com o maior número de trabalhos recentes são: Universidade de Melbourne (Austrália), Universidade de Nova Gales do Sul (UNSW) (Austrália), Universidade de Tecnologia de Sidney (Austrália), Universidade de Aalborg (Dinamarca) e, Universidade de Tecnologia de Troyes (França). Ao analisar as relações de citações, vê-se que todas têm fortes relações com os trabalhos produzidos na Universidade de Yale.

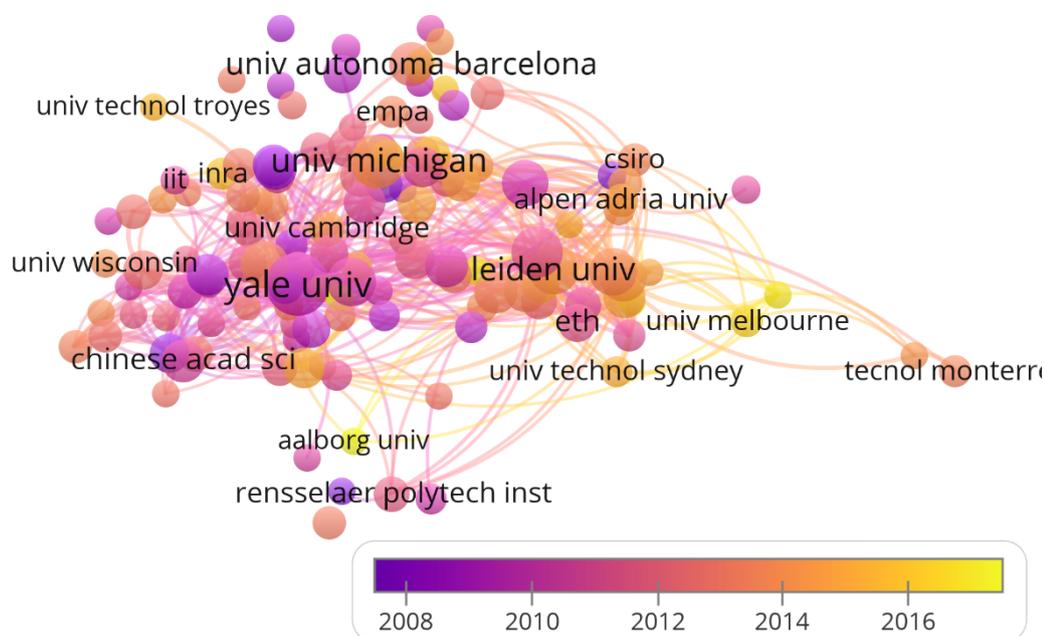
Mais da metade da produção científica em análise (51,81%) encontra-se em dois periódicos: *Journal of Industrial Ecology* (837 trabalhos) e *Journal of Cleaner Production* (162 trabalhos). Todos os outros periódicos concentram menos de 2,5% da produção de EI em seu conteúdo. Ressaltam-se a referência e quantidade de publicações na Universidade de Yale, por ser esta a fundadora do periódico, na primeira posição.

Segundo a classificação Qualis da CAPES (evento de classificação 2013 – 2016), o *Journal of Cleaner Production* tem classificação A1 na área de ciências ambientais e classificação A ou B para quase todas as áreas do conhecimento, enquanto o *Journal of Industrial Ecology* tem classificação apenas para as áreas de economia (B1) e interdisciplinar (A1). O fato não desmerece a revista, uma vez que a classificação Qualis acontece para determinada área quando o periódico em questão teve publicações de brasileiros da referida área; a revista tem apenas cinco artigos publicados por brasileiros.

Ainda, analisando os resultados obtidos na base *Web of Science*, nota-se a média de citações por item de 19,48, ou seja, a soma da contagem do número de citações dividido pelo número de resultados no conjunto. Também um *h-index* de 84, que significa a existência de *h* artigos em que cada um foi citado ao menos *h* vezes na amostra em estudo. Esses resultados mostram as relações existentes entre os trabalhos em EI recuperados na busca em questão, também evidenciados pelos mapas gerados pelo *VOSViewer*, apresentados anteriormente.

Figura 20 – Quantidade de trabalhos produzidos por universidades e relações de citações nos últimos dez anos

Fonte: o autor a partir de dados da WoS (2018).



A produção brasileira em EI recuperada concentra-se na Universidade Federal do Rio de Janeiro e na Universidade de São Paulo. Os trabalhos, em sua maioria, produzidos a partir de 2015, ressaltam o potencial para Simbiose Industrial para a construção civil (FREITAS; COSTA; FERRAZ, 2017) e horticultura (MENGUAL, 2018), simulação de impactos ambientais e benefícios socioeconômicos da implantação de indústria de biodiesel no Rio de Janeiro (SOUZA *et al.*, 2018), contribuições da Ecologia Industrial para a Economia Circular (SAAVEDRA, 2018). Outros estudos também fazem a experiência (ainda não atestada metodologicamente) da utilização da ACV e do Mapeamento do Fluxo de Materiais (SILVA *et al.*, 2015).

4.5 Grupos de pesquisa Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Com base nas informações disponíveis no diretório de grupos de pesquisa do CNPq, identificaram-se os grupos de pesquisas que trabalham de alguma forma com temas relacionados à EI (tabela 4).

Tabela 4 – Grupos de Pesquisa em Ecologia Industrial no Brasil

Grupo de Pesquisa	Instituição	Área
ACV Brasil – Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos	UNB	Engenharia Mecânica
Ciência e Tecnologia ambiental	UNISC	Engenharia Sanitária
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS	UFBA	Engenharia de Produção
Desenvolvimento Sustentável	UNIFAE	Sociologia
ECOLOGIA AGROINDUSTRIAL	CESUMAR	Engenharia Química
Ecologia Bentônica Tropical	UFRA	Ecologia
Ecologia Industrial	UNIFAE	Engenharia Mecânica
Ecologia Industrial	IFBA	Engenharia Sanitária
Ecologia Industrial, Gestão e Educação Ambiental	CEETEPS	Engenharia de Materiais e Metalúrgica
ECONOMIA CIRCULAR – ECOINOVAÇÃO E A ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA	UVA/RJ	Engenharia de Produção
Energia e Meio ambiente	UFRJ	Engenharia de Produção
FLUXUS – Laboratório de Ensino em Sustentabilidade Socioambiental e Redes Técnicas	UNICAMP	Planejamento Urbano e Regional
Fotoquímica e Ressonância Magnética Nuclear	UNIP	Química
GCVAgro – Gestão do Ciclo de Vida no Agronegócio	UFMS	Administração
Gestão de Qualidade e Produtividade	UDESC	Engenharia de Produção
GESTORE – Núcleo de Pesquisa em Sistemas e Gestão de Engenharia	UFRJ	Engenharia de Produção
Grupo de Estudos Avançados em Energia e Ambiente – GREA	UNB	Engenharia Mecânica
GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS NA ÁREA INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS	UFOPI	Engenharia de Produção
Grupo de Estudos em Materiais e Meio Ambiente – GEMMA	UESB	Engenharia Mecânica
Grupo de Pesquisa Engenharia de Custo e Tecnologia Biomassa Limpa	UFRN	Engenharia Química
InoS – Grupo de Pesquisa em Inovação e Sustentabilidade	UFC	Administração
LABEC – Laboratório de Bioenergia e Catálise	UFBA	Engenharia Química
Meio Ambiente e Saúde Ocupacional para o Desenvolvimento Sustentável	CEETEPS	Engenharia de Produção
Núcleo de Estudos em Estratégia e Sustentabilidade – NESS	UNIFOR	Administração
Produção e Meio ambiente	UNIP	Engenharia de Produção
Produção Sustentável	UNITAU	Engenharia de Produção
Rede de Tecnologias Limpas – TECLIM	UFBA	Engenharia Sanitária
TECLIM_UFSB, Produção Limpa, Gestão e Consumo Sustentável	UFSB	Engenharia de Produção

Fonte: o autor com base no diretório dos grupos de pesquisa do CNPq (2018)

Os grupos de pesquisa na área de EI concentram-se majoritariamente nos cursos de Engenharia de Produção, Mecânica, Química e Sanitária em universidades do eixo Sul-Sudeste brasileiro. Observa-se ainda que são encontradas poucas instituições do norte e nordeste com pesquisa relacionadas à área, com destaque para a Universidade Federal da Bahia. A ausência de trabalhos recuperados dessas instituições pode se dar por: trabalhos em EI publicados em eventos e periódicos não indexados pela base *Web Of Science* e pesquisas na área ainda em andamento e EI como conteúdo (de interesse) do grupo de pesquisa, mas ainda sem participantes atuantes na área.

4.6 Cenário brasileiro

No Brasil, a primeira iniciativa semelhante às práticas de EI foi a Bolsa de Resíduos. Criada na década de 1980, ela foi uma ideia de algumas das federações da indústria do país. O sistema funciona em uma plataforma on-line em que as empresas cadastram os materiais que têm disponíveis para troca ou venda e sinalizam necessidades que possam ser supridas por outras empresas (COELHO, 2001).

Em 2007 foi criado o Sistema Integrado de Bolsas de Resíduos (SIBR). Essa nova plataforma virtual buscou integrar as bolsas de resíduos das unidades da federação com os intuitos de dar mais visibilidade aos materiais e às necessidades das empresas e ampliar as oportunidades de negócios em escala nacional. Fazem parte do SIBR as bolsas de resíduos ligadas às federações da Indústria dos estados da Bahia, de Goiás, de Minas Gerais, do Pará, do Paraná, de Pernambuco e de Sergipe (SIBR, 2018).

As federações da indústria inseridas no SIBR: não interferem nas negociações; não se responsabilizam pela destinação e/ou pelo uso dos resíduos trocados ou comercializados; não exerce nenhuma auditoria das informações fornecidas pelas empresas (SIBR, 2018).

Ao consultar a plataforma virtual do SIBR é possível verificar que existem 7.225 empresas cadastradas e apenas 22 anúncios. O acesso ao banco de dados para as bolsas das federações está desativado, o site encontra-se desatualizado e os telefones para contato direcionam para um atendimento central da Confederação Nacional da Indústria (CNI) que não conta com informações disponíveis sobre o SIBR.

Pela postura passiva das bolsas de resíduos e pelo esforço necessário para o estabelecimento das trocas terem de partir unicamente das empresas, uma vez que boa parte destas ainda não tem uma visão estratégica nem empreendedora para desprender-se para a prática proposta pelas bolsas, é possível ressaltar que o processo de tomada de decisão logístico

e técnico também fica todo a cargo das empresas envolvidas, sem uma metodologia ou procedimentos a serem seguidos para o sucesso nas transações, o que onera mais ainda o processo e o que provavelmente também contribuiu para a plataforma entrar em desuso. Com isso, a ferramenta, que poderia ser um instrumento para o fomento da simbiose industrial no país, não teve atuação efetiva nem se disseminou por todo o território nacional.

As iniciativas nacionais propriamente entendidas como práticas de EI se deram por meio da International Synergies, da CNI, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e das federações da indústria dos estados financiados pela AI-Investments. O até então Programa Brasileiro de Simbiose Industrial (PBSI) teve protagonismo da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG), que foi o órgão responsável por fomentar os demais projetos de simbiose industrial nos estados. Todos os outros projetos, com exceção do mineiro estão descontinuados (FIEMG, 2018).

Minas Gerais foi o estado pioneiro, com a criação do Programa Mineiro de Simbiose Industrial (PMSI), que funciona sobre a tutoria da Gerência de Meio Ambiente da FIEMG. Iniciado em 2009, mais de 2.500 empresas já aderiram a ele de maneira parcial e integral. O PMSI utiliza a metodologia do National Industrial Symbiosis Program (NISP), em que os “quick wins” são a principal ferramenta para captação de participantes para o programa. Os eventos acontecem com o título “Conectando empresas, criando oportunidades”. Conforme a proposta, os workshops ocorrem em um ambiente dinâmico e com linguagem direcionada ao mundo dos negócios.

A iniciativa mineira tem apoio e consultoria da International Synergies e já elenca mais de 139 mil toneladas e resíduos desviados de aterros, 194 mil toneladas de redução no uso de matérias-primas, 87 mil toneladas de redução de emissão de carbono, 13 milhões de m³ de água reutilizada e 8 milhões em redução de custo para as empresas (FIEMG, 2018).

Atividades de disseminação da Simbiose Industrial no Paraná se deram por meio da iniciativa mineira, mas pelo Centro Internacional de Negócios do Paraná (CIN/PR) e pela Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP). Em agosto de 2011, foi realizado um encontro com o mesmo título dos workshops de Minas Gerais. Na oportunidade 37 empresas foram reunidas, a rodada de negócio resultou em 95 ofertas e 36 procuras, e o total de 276 potenciais trocas simbióticas foi cogitado.

Em consulta o CIN/PR e a FIEP informaram que os projetos foram descontinuados no Paraná. Os últimos termos e documentos do referido projeto estão datados de 2012, e as

instituições não dispõem do relatório final do projeto, que não se encontra disponível on-line nem nos arquivos de acesso rápido dos órgãos. Os responsáveis comprometeram-se em fornecer os relatórios com os resultados das interações simbióticas, mas não retornaram até a data da entrega deste trabalho.

O National Industrial Symbiosis Program (NISP) no Rio Grande do Sul teve suas primeiras atividades em 2011. Com promoção da CNI e suporte da FIEMG, foram realizados workshops com as rodadas de negócios. Em 2014, a Agência Gaúcha de Desenvolvimento e Promoção do Investimento em parceria com o SENAI do Rio Grande do Sul e o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) promoveu o projeto Simbiose Industrial e o Plano de Gestão de Resíduos Sólidos para os Arranjos Produtivos Locais como ações da Política Estadual de Economia da Cooperação.

Esse segundo projeto teve um aspecto diferenciado dos demais produzidos no Brasil, uma vez que teve seu foco nos arranjos produtivos locais (APL). As atividades contaram com divulgação da proposta, visita às empresas por parte do corpo técnico do projeto e posteriormente identificação de cinco APLs para o desenvolvimento dos workshops (metalomecânico e automotivo; mecânico pós-colheita; moveleiro; pedras, gemas e joias; e moda da serra gaúcha) e um evento final de divulgação dos resultados (LIMA et al., 2014).

Ao realizar um estudo após a execução do projeto, Perinetti et al. (2016) constataram que em torno de 80% das empresas participantes já realizavam alguma forma de gerenciamento de resíduos, apenas 35% dos envolvidos efetivamente realizaram negociações envolvendo materiais e a maior dificuldade para o estabelecimento das parcerias envolve a falta de viabilidade econômica e geração de quantias de resíduos insuficientes para abster o fluxo simbiótico. Os envolvidos expressaram o interesse na continuidade do projeto; grande parte dos empresários envolvidos compreenderam a importância da Simbiose Industrial.

Sobre esse projeto, podem ser feitas algumas considerações em relação aos aspectos teóricos, técnicos e metodológicos. A literatura e experiência prática apontam que, quanto maior a diversidade das empresas, mais trocas simbióticas se têm em um espaço geográfico. A opção por adoção dos APLs como “unidades funcionais” do projeto fragiliza essa premissa, uma vez que os arranjos produtivos locais são especializados em uma única natureza de produtos, podendo gerar uma mesma família de resíduos que não seja de interesse das empresas. Se as atividades para o estabelecimento das relações tivessem acontecido entre os APLs, provavelmente se teria um número maior de associações.

A metodologia utilizada para identificação das potenciais trocas aconteceu segundo o modelo do NISP até a segunda etapa. O suporte técnico e facilitador das negociações, que deveriam ocorrer nas etapas seguintes, ficou sob responsabilidade dos próprios empresários. Muitos deles, apesar de ter interesse no projeto, alegaram falta de tempo para desprender-se para a viabilidade das negociações (PERINETTO et al., 2016). A metodologia proposta pelo NISP fornece apoio aos interessados até a finalização e avaliação das trocas estabelecidas, entre outras coisas. Esse primeiro apoio da equipe técnica de implantação funciona para a aquisição know-how sobre Simbiose Industrial dos empresários e corpo técnico das empresas.

Em Alagoas, também foram realizados por meio da parceria entre Federação das Indústrias do Estado do Alagoas (FIEA) e FIEMG três workshops “Conectando empresas, criando oportunidades” no ano de 2012 nas cidades de Maceió, Bento Gonçalves e Arapiraca. Não foi localizado nenhum documento ou registro sobre os resultados dos eventos e do projeto. Solicitou-se à FIEA algum material pertinente ao projeto, e os responsáveis comprometeram-se em fornecer os relatórios, mas não retornaram até a data da entrega deste trabalho.

No Brasil, ainda podem ser constatadas outras iniciativas de EI, obedecendo ao modelo self-organizing symbiosis (CHERTOW, 2000). Nele, as próprias empresas envolvidas não utilizam as nomenclaturas de EI ou Simbiose Industrial, como o Polo Petroquímico de Camaçari, no estado da Bahia (TANIMOTO, 2004), e outros que tratam da viabilidade da EI em demais ambientes de industriais (TRAMA, 2014).

Diante do que foi elucidado, é possível inferir que a EI no Brasil ainda precisa ser disseminada. As iniciativas do PBSI fomentadas pela FIEMG tiveram resultados positivos, mas em sua maioria foram descontinuadas por falta de suporte técnico, por inviabilidade financeira e talvez por falta de uma implementação que fizesse uso de uma metodologia que visasse ao maior suporte técnico nas etapas iniciais e fomentasse a independência das empresas para a tomada de decisão com ferramentas que dessem suporte para tal. Essas limitações também podem ser entendidas por se tratarem de projetos financiados com orçamento e recursos humanos limitados que envolviam não apenas uma prática industrial, mas mudança de valores e percepção do sistema industrial tradicional.

As outras iniciativas que se configuram como simbiose industrial ainda não têm o entendimento por parte dos empresários e praticantes de que se trata de atividades de EI, do escopo teórico-metodológico, dos cases e das potencialidades de negócios, dos benefícios ambientais e sociais que suas atividades de troca de materiais e fluidos podem proporcionar. A pesquisa brasileira em simbiose industrial conforme apresentado no estudo bibliométrico não é

muito expressiva e concentra-se em propostas de viabilidade de relações simbióticas em parques e distritos industriais.

4.7 Conclusão

A EI é uma área de estudo interdisciplinar em expansão e mais recentemente foi alocada no contexto teórico da Economia Circular. A Simbiose Industrial é uma das principais práticas relatadas nos estudos de EI. As metodologias mais utilizadas para operacionalização e mensuração de seus resultados são a ACV e a AFM. Países da América do Norte, Europa e Ásia já conseguem mensurar os seus resultados obtidos mediante práticas de EI, enquanto países da América do Sul têm grandes oportunidades de ganhos ambientais e econômicos por meio da incorporação de práticas relacionadas à EI.

Ressalta-se que os trabalhos endereçados no Brasil são, em sua maioria, estudos de viabilidade, e não análises de aplicação de técnicas e ferramentas da EI. Em conjunto com a baixa representatividade dos resultados bibliométricos brasileiros em comparação à de outros países, reforçam-se as oportunidades existentes em todo o território nacional para a disseminação dos conceitos e práticas da EI, hoje não mais de forma isolada, mas em uma abordagem integrada pertencente ao contexto da Economia Circular.

Os trabalhos que propõem a utilização de metodologias mistas (ACV e AFM) dão grandes contribuições teóricas para a área, integrando ferramentas robustas para a tomada de decisão em negócios com perspectivas ambientalmente responsáveis. Por demandarem um grande volume de informações técnicas nem sempre disponíveis aos pesquisadores e profissionais e por necessitar de um arcabouço operacional complexo (*softwares* e metodologias), não são estudos que dão contribuições diretas para a prática da EI no país, uma vez que estamos em um estágio diferente dos países da América do Norte, Europa e Ásia com relação a esse conteúdo.

Os estudos brasileiros estão concentrados no eixo Sul-Sudeste do país, não retratando possíveis peculiaridades e potencialidades da indústria do Norte-Nordeste, nem conglomerados industriais com funcionamento semelhante a eco parques e práticas isoladas de EI ainda não estudadas, ou até mesmo não reconhecidas como parte desse conjunto de conhecimentos pelos gestores. Toda a produção também se encontra em língua inglesa e nos periódicos de maior influência da área.

Na perspectiva brasileira, percebe-se que ainda existe um longo caminho a ser trilhado por pesquisadores, empresários e órgãos públicos para a disseminação da EI entre os setores da indústria e da sociedade. Vale salientar que, pelas oportunidades de produção mais limpa, otimização de processos e diminuição de geração de resíduos, não é necessária, nesse momento, a massificação das práticas de simbiose industrial, mas a sua disseminação como ferramenta para otimização de processos e para benefícios ambientais após trabalhos de geração mínima de resíduos pelas empresas, evitando assim que a EI camufle a má gestão e a manutenção dos processos produtivos.

Além da produção mais limpa, outras ferramentas como a logística reversa e os próprios sistemas de gestão ambiental (SGA) são norteadoras de um conjunto de atividades que dão destinação aos materiais gerados sem serventia nos processos produtivos. Como já citado, deve-se evitar que os materiais a serem incorporados nas práticas de EI sejam aqueles gerados ou produzidos em excesso por aspectos do processo produtivo que precisam ser otimizados.

Referências

- AMON, R. Assessment of the Industrial Tomato Processing Water Energy Nexus A Case Study at a Processing Facility. In: **Journal of Industrial Ecology**. Yale University.v. 00, n. 0, p. 1–12, 2017.
- BILLEN, G.; TOUSSAINT, F.; PEETERS,.; SAPIR, M.; STEENHOUT, A.; VANDERBORGHT, J. P. **L'Ecosyeme Belgique**. Essai d'Ecologie Industrielle. Centre de Recherche et d'Information Socio-politique-CRISP, Bruxelles, 1983.
- CAO, Z. et al. A Probabilistic Dynamic Material Flow Analysis Model for Chinese Urban. **Journal of Industrial Ecology**, v. 0, n. 0, p. 1–15, 2017.
- CHEN, W.; GRAEDEL, T. E. In-use product stocks link manufactured capital to natural capital. **PNAS**, v. 112, n. 20, p. 6265–6270, 2015.
- CHERTOW, M. R. “Uncovering” Industrial Symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 1, p. 11–30, 2007.
- CHERTOW, M. R. **Industrial symbiosis: literature and taxonomy**. Annual Review of energy and Environment, v. 25, 2000.
- COELHO, A. C. D. Bolsa de Resíduos: **Portal de oportunidades em produção mais limpa**. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria), Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2001
- DU, X.; GRAEDEL, T. E. Global Rare Earth In-Use Stocks in NdFeB Permanent Magnets. **Journal of Industrial Ecology**, v. 15, n. 6, p. 836–843, 2011.
- ECKELMAN, M. J.; RECK, B. K.; GRAEDEL, T. E. Exploring the Global Journey of Nickel with Markov Chain Models. **Journal of Industrial Ecology**, v. 00, n. 00, p. 1–9, 2011.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Economia Circular**. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1/conceito>> . Acesso em: 24 de Novembro de 2018.>
- ERKMAN, S. Industrial ecology: an historical view. In: **Journal of Cleaner Production** v. 5, n. 1, p. 3–6, 1997.
- ERKMAN, S.; FRANCIS C.; RAMASWAMY R. **Ecologia Industrial: uma agenda para a evolução do sistema industrial**. São Paulo; Instituto Polis, 2005.
- FALLDE, M.; EKLUND, M. Towards a sustainable socio-technical system of biogas for transport : € ping in Sweden the case of the city of Link o. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 17–28, 2014.
- FIEMG (Federação da Indústria do Estado de Minas Gerais). Disponível em: <<https://www7.fiemg.com.br>>. Acesso em: 05 dez. 2018.
- FREITAS, G. DE; COSTA, H. G.; FERRAZ, F. T. Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability : A survey study. **Journal of Cleaner Production**, v. 156, p. 262–275, 2017.

- FROSCH, R. A.; GALLOPOULOS, N. E. Strategies for Manufacturing. **Scientific American**, v. 261, n. 3, p. 144–152, 1989.
- GRAEDEL, T. E. et al. Metal Recycling Rates ? **Journal of Industrial Ecology**, v. 15, n. 3, p. 355–366, 2011.
- GRAEDEL, T. E. Global Rare Earth In-Use Stocks in NdFeB Permanent Magnets. **Journal of Industrial Ecology**, v. 15, n. 6, p. 836–843, 2011.
- GRAEDEL, T. E. Grand Challenges in Metal Life Cycles. **Natural Resources Research**, v. 27, n. 2, p. 181–190, 2017.
- GRAEDEL, T. E. Lead In-Use Stock A Dynamic Analysis. **Journal of Industrial Ecology**, v. 13, n. 1, p. 112–126, 2009.
- GRAEDEL, T. E. ON THE CONCEPT OF INDUSTRIAL ECOLOGY Introducing the Concepts. **Annu. Rev. Energy Environ**, v. 21, p. 69–98, 1996.
- GRAEDEL, T. E. The Evolution of Industrial Ecology. **ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY**, v. SD, n. SD, p. 28–31, 2000.
- GUEST, G.; CHERUBINI, F.; STRØMMAN, A. H. Global Warming Potential of Carbon Dioxide Emissions from Biomass Stored in the Anthroposphere and Used for Bioenergy at End of Life. **Journal of Industrial Ecology**, v. 00, n. 00, p. 1–11, 2013.
- GUSSOW, D.; MEYERS, J. **Industrial Ecology**, 1970.
- HARPER, E. M. et al. Criticality of the Geological Zinc , Tin , and Lead Family. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 4, p. 628–644, 2015.
- HARPER, E. M. et al. Resources , Conservation and Recycling The criticality of four nuclear energy metals. **“Resources, Conservation & Recycling”**, v. 95, p. 193–201, 2015.
- HOFFMAN, C.; SHAPERO, A. Providing the industrial ecology required for the survival and growth of small technical companies. An action program for the Ozarks Region. **Report prepared for the Ozarks Regional Commission**. Multi-Disciplinary Research. Inc., Austin, 1971.
- JELINSKI, L. W. et al. Industrial ecology: Concepts and approaches. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 89, n. February, p. 793–797, 1992.
- KAPUR, A.; GRAEDEL, T. E. Industrial Ecology. In: **Enciclopedia of Energy**. v. 3, n. 4, p. 355-364, 2004.
- LASO, J.; VAZQUEZ-ROWE, I.; MARGALHO, M.; CRUJEIRAS, R. M.; IRABIEN, A.; ALDACO, RÚBEN. Life cycle assessment of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) landed by purse seine vessels in northern Spain. In: **Int J Life Cycle Assess**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017.
- LEARY, Thomas E. Shadows in the Cave: Industrial Ecology and Museum Practice. **The Public Historian**, v. 11, n. 4, p. 39-60, 1989.
- LIFSET, R. 3D Printing and Industrial Ecology. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, p. S6–S8, 2017.

- LIFSET, R. et al. Nullius in Verba 1 Advancing Data Transparency in Industrial Ecology. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 1, p. 6–17, 2018.
- LIFSET, R.; DOMAINS, M. A.; ENVIRONMENTAL, T. Environmental Dimensions of Additive Manufacturing. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 1, p. 1–20, 2017.
- LIFSET, R.; GRAEDEL, T. E. Industrial ecology: goals and definitions. In: AYRES, R. U.; AYRES, L. W. **A Handbook of Industrial Ecology**. Cheltenham, UK; Northampton MA, USA. Edward Elgar, 2005.
- LIMA, L. B. **ANÁLISE DAS RELAÇÕES DE ECOLOGIA INDUSTRIAL NO POLO PRODUTIVO SUL DE TERESINA**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção), UNIFSA, Teresina, PI, Brasil, 2014.
- MANDERSON, E. J.; CONSIDINE, T. J. An Economic Perspective on Industrial Ecology. In. **Review of Environmental Economics and Policy**. Oxforde University. p. 1-22, 2018.
- MORIGUCHI, Y. Industrial Ecology in Japan. **Journal of Industrial Ecology**, v. 4, n. 1, p. 14000–14002, 2000.
- NASSAR, N. T.; DU, X.; GRAEDEL, T. E. Criticality of the Rare Earth Elements. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 6, p. 1044–1054, 2015.
- PAGOROPOULOS, A. et al. Economic and Environmental Impact Trade-Offs Related to In-Water Hull Cleanings of Merchant Vessels. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 4, p. 916–929, 2017.
- PEREY, R.; BENN, S.; EDWARDS, M. **The place of waste** : Changing business value for the circular economy. n. February 2016, p. 631–642, 2018.
- PERINETTO, A., SILVA, C. S. de S. da, KOHL, C. A., SILVA, I. C. da. **Análise da Implementação do projeto simbiose industrial no Rio Grande do Sul**. 7o Forum Internacional de Resíduos Sólidos. 2016
- PRAKASH, C.; BARUA, M. K. Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 37, n. 3, p. 599–615, 2015.
- REID, L. et al. Nullius in Verba 1 Advancing Data Transparency in Industrial Ecology. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 1, p. 6–17, 2018.
- SAAVEDRA, Y. M. B. et al. Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 710, n. 1, p. 1514–1522, 2018.
- SCHANDL, H. et al. Global Material Flows and Resource Productivity. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 4, p. 827–838, 2017.
- SIBR - Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos. Disponível em <http://www.sibr.com.br/sibr/index_cni.jsp>. Acesso em 07 dez. 2018.
- SILVA, D. A. L.; OLIVEIRA, J. A.; SAAVEDRA, Y. M. B.; OMETTO, A R.; PONS, J. R.; DURANY, X. G. Combined MFA and LCA approach to evaluate the metabolism of service polygons: A case study on a university campus. In: **Resources, conservation and recycling**. Vol. 94, pag 157-168, 2015.

- SOULIER, M. et al. The Chinese copper cycle: Tracing copper through the economy with dynamic substance flow and input-output analysis. **Journal of Cleaner Production**, 2018.
- SOUZA, DEJAIR MENDOÇA, FABRICIO MOLICA; ALVES NUNES, KATIA REGINA. Environmental and Socioeconomic Analysis of Producing Biodiesel from Used Cooking Oil in Rio de Janeiro The Case of the Copacabana District. v. 00, n. 00, p. 1–10, 2012.
- STRØMMAN, A. H. Et. Al. Life Cycle Assessment of a Lithium-Ion Battery Vehicle Pack. **Journal of Industrial Ecology**, v. 18, n. 1, p. 113–124, 2013.
- STRØMMAN, A. H. Et. al. Life Cycle Assessment of Electric and Fuel Cell Vehicle Transport Based on Forest Biomass. **Journal of Industrial Ecology**, v. 18, n. 2, p. 176–186, 2014.
- Tanimoto, A. H. **Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari**, Dissertação de Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
- TAYLOR, T. B.; HUMPSTONE, C. **The restoration of the Earth**. Harper and Row, New York, 1972.
- THOMSEN, M. et al. Comparative life cycle assessment of biowaste to resource management systems – A Danish case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. January 2017, p. 4050–4058, 2016.
- TIBBS, B. C. **Industrial Ecology : Global Business Network, Emeryville, CA**, 1993.
- TIBBS, H. **Industrial Ecology**. An Environmental Agenda for Industry. Global Business Network, Emeryville, CA, 1993.
- TRAMA, C.P. **Um estudo sobre Ecologia Industrial e avaliação da possibilidade de adaptação e transformação de Distritos Industriais em Parques Industriais Ecológicos: o caso do Município de Vespasiano, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Produção, UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil, 2014.
- VALLE, R. **Environmental and Socioeconomic Analysis of Producing Biodiesel from Used Cooking Oil in Rio de Janeiro The Case of the Copacabana District**. v. 00, n. 00, p. 1–10, 2012.
- WEISZ, H.; SUH, S.; GRAEDEL, T. E. Industrial Ecology : The role of manufactured capital in sustainability. **PNAS**, v. 112, n. 20, p. 6260–6264, 2015.
- XUE YAZAN, D. M. et al. Cooperation in manure-based biogas production networks : An agent-based modeling approach. **Applied Energy**, v. 212, n. December 2017, p. 820–833, 2018.

5 POTENCIALIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL EM TERESINA

Nesta seção do trabalho são apresentadas as características dos processos produtivos das 33 empresas pesquisadas na cidade de Teresina, pertencentes a 16 ramos de atividades, os resíduos e efluentes gerados e suas respectivas destinações. Partindo da análise do fluxo destes materiais e de outros aspectos relacionados à gestão das operações, identificou-se as relações de SI existentes e foram indicadas trocas que podem ser estabelecidas.

Além da apresentação das empresas visitadas e das características dos seus processos produtivos, é feita a identificação da possibilidade estabelecimento de SI, a partir de um indicador de potencialidade de SI, dos aspectos observados *in loco* e da literatura estudada.

5.1 Ramo de Alimentos e Bebidas

O ramo de alimentos e bebidas é representativo na cidade de Teresina, 34,16% do total de empresas (FIEPI, 2014), e composto por empresas de porte grande, médio e micro. Distribuído de forma irregular pelo território da capital, não configura um aglomerado específico ou *cluster*. As atividades são diversas, destacam-se a produção de pães entre as fábricas com iniciativa local e produção de bebidas, por empresas multinacionais. Nesta pesquisa foram visitadas seis empresas do ramo. O quadro 02 apresenta o resumo de algumas informações coletadas sobre o setor.

Conforme pode ser observado no quadro 5, incide-se que pela amostra estudada este tipo de empresa tem seu regime de produção a partir de pedidos (*make to order – MTO*) ou produzem para estocar (*make to stock – MTS*). As estratégias e decisões com relação ao sistema produtivo são tomadas pela diretoria e gestores dos níveis mais altos (*top down*), mas definem mix de produtos e regimes de produção a partir de tendências de mercado (*marketing in*) e da disponibilidade de recursos próprios (*based on resources*).

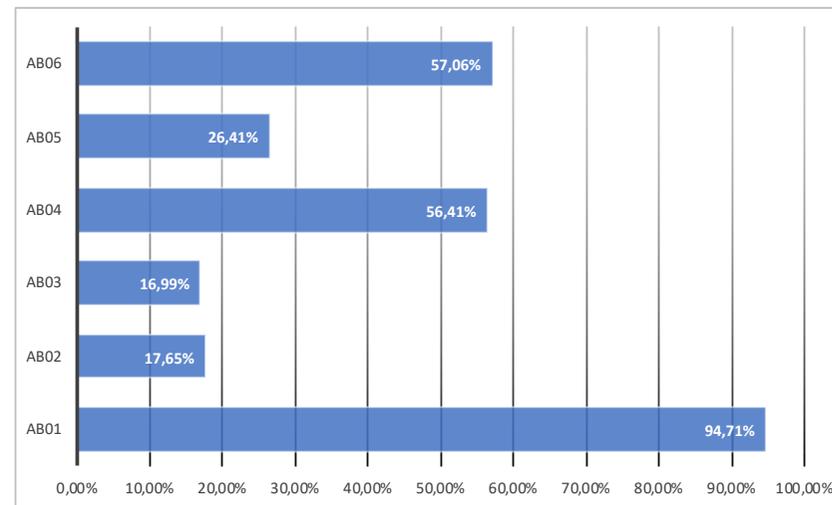
A caracterização da estratégia de produção majoritária (*top down*) pode refletir a adequação das empresas a aspectos ambientais e, conseqüentemente, de SI. Infere-se que estas práticas só serão disseminadas como parte das atividades de rotinas das empresas, a partir do momento em que passarem a ser valores dos níveis gerenciais mais elevados.

³Quadro 5 – Características das empresas estudadas do ramo de alimentos e bebidas

Empresa	Função Produção	Ambiente de Produção	Estratégia de Produção Maj.	Estratégia de Produção Coadj.	Zona Cidade	Quantidade de Funcionários	Porte	Período de atividade (anos)
AB001	Produção de Cervejas e Refrigerantes	<i>Make to order (MTO)</i>	<i>Marketing in</i>	<i>Top down</i>	Sul	500	Grande	34
AB002	Produção de pães	<i>Make to stock (MTS)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sul	4	Micro	1
AB003	Fabricação de quentinhas	<i>Make to order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sul	5	Micro	6
AB004	Produção de pães e confeitaria	<i>Make to order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Marketing in</i>	Sudeste	150	Média	6
AB005	Produção de pães e petas	<i>Make to Market (MTM)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Marketing in</i>	Norte	120	Média	20
AB006	Abate de aves	<i>Make to Stock (MTS)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sul	495	Média	15

Fonte: o autor (2019)

Figura 21 – Potencialidade de Simbiose Industrial por empresa – Setor de alimentos e bebidas



Fonte: o autor (2019)

³ Os termos utilizados para caracterização dos ambientes e estratégias de produção não são traduzidos para sua utilização. Os tradutores e revisores do texto original que caracteriza estes aspectos organizacionais, mantém as expressões em inglês ao traduzir os materiais para a língua portuguesa (SLACK et. al, 2018).

Em todas as unidades estudadas, foram observadas as potencialidades para o estabelecimento da SI. Algumas, precisam de iniciativas basilares em relação a gestão de resíduos e/ou atuação na fonte de geradora. O cálculo de potencialidade para o setor alcança o percentual de 43,17%. Isto indica que o setor se encontra nos grupos de empresas que já se preocupa com gestão de seus resíduos, a figura 21 indica o percentual alcançado por cada empresa estudada, na sequência são feitas as considerações sobre cada uma delas.

A Empresa AB01, instalada há mais de 30 anos na cidade de Teresina, produz cervejas e refrigerantes para o norte/nordeste do Brasil. As instalações dispõem de uma unidade de brassagem (fabrico de mosto), uma unidade de adega, uma unidade de filtração, uma xaroparia (fabrico de refrigerante) e quatro linhas de envase. Os departamentos de transformação de material são atendidos por uma subestação de energia elétrica, uma casa de máquinas com um sistema de frio e compressores de ar comprimido, duas caldeiras, uma unidade de beneficiamento de CO₂, uma Estação de Tratamento de Água (ETA), uma Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) e um departamento de tratamento intermediário de resíduos sólidos (compactação de metais e plásticos).

A AB01 possui um departamento de meio ambiente com gerência e supervisão, responsável pelo funcionamento da ETA, ETEI e o manejo dos resíduos gerados, assim como treinamento das áreas e indicadores referentes a estes. Existe geração de receita pela venda de resíduos. A empresa não possui certificações ambientais como da *International Organization for Standardization* (ISO) 14000, mas conta com um sistema de gestão ambiental (SGA) com política ambiental, treinamentos e campanhas para o público interno e externo.

Conforme descrito, a empresa possui um SGA e prática SI dos tipos 2, 3, 4 e 5 (quadro 01). O percentual de material com destinação adequada na fábrica é acima de 98%. A empresa ainda conta com um balanço de massa integrado entre os setores da empresa, nela é possível se calcular a quantidade de geração de papelão ou de metal em um determinado período de tempo com base no volume de compras de insumos e perdas de latas na linha de produção, por exemplo.

Avaliando os critérios propostos nesta pesquisa, a empresa alcança quase a pontuação máxima no atendimento dos mesmos, uma vez que pode ser considerada *benchmarketing* na gestão de resíduos e efluentes, além da gestão ambiental robusta em um sistema com política declarada, treinamentos e ações que envolvem a comunidade local.

A empresa AB02 atua no ramo de panificação, produz diferentes tipos de pães para distribuição para as lojas de um grupo empresarial. A fábrica possui uma linha de produção pequena, com quatro funcionários que trabalham durante um turno, três envolvidos diretamente na fabricação dos pães e um supervisor de produção. A AB02 não tem aspectos de potencialidades de SI observados nas outras empresas. Para esta fábrica, são propostas atividades como coleta seletiva e destinação e disposição ambientalmente adequada dos resíduos e rejeitos, respectivamente.

Analisando os critérios levantados, a empresa AB02 alcançou o valor de 17,65% de potencialidade de SI, uma vez que, existem muitos aspectos que precisam ser adequados na empresa, antes do estabelecimento de práticas como a SI, tais como: regularização de aspectos legais com relacionados ao meio ambiente, implantação da coleta seletiva e ações de padronização e controle do processo produtivo.

AB03 é uma cozinha industrial, com seis anos de atuação no mercado fornecendo quentinhas para a construção civil. Possui cinco funcionários: um gerente, três cozinheiros e um entregador. A capacidade de produção não é fixa, por este motivo já teve mais funcionários em períodos de demandas maiores. Trabalham através de contratos temporários com duração no período da execução da obra que estão atendendo.

Os produtos são adquiridos de distribuidores e armazenados em suas instalações. Os principais materiais estocados são: arroz, feijão e carne. Os dois primeiros são acondicionados em paletes e estantes e as carnes em refrigeradores. O volume de aquisição destes produtos é, em média, 12.000kg/ano, 1.500kg/ano e 1.200kg/ano, respectivamente. Com a equipe de trabalho atual a empresa tem a capacidade de fornecer 72.000 quentinhas por ano. Neste período, são adquiridos ainda cerca de 1.680kg de carvão vegetal de fornecedores locais e do interior do estado.

Assim como a empresa AB02, práticas de SI não são os próximos passos previstos para a gestão ambiental na empresa, esta precisa iniciar atividades como coleta seletiva e destinação adequada dos resíduos. Após esta etapa, os resíduos de natureza orgânica podem ser destinados para compostagem. Contudo, é importante lembrar que a PNRS estabelece que, prioritariamente, deve ser evitada a geração e, caso não seja possível, diminuir a mesma.

A partir dos critérios analisados na pesquisa, a empresa AB03 alcança 16,99% de potencial de estabelecimento de SI. Assim como em algumas outras empresas analisadas

anteriormente, aspectos primários com relação a gestão de materiais e resíduos ainda precisam ser implantados.

A fábrica AB04 fornece pães, salgados, petas e bolos para uma rede de supermercados de Teresina, funciona no regime de demanda D+2⁴ em três turnos de oito horas. Conta com uma frota própria outra parte compartilhada com empresas do grupo. A fábrica está localizada dentro do centro de distribuição (CD) do grupo empresarial que faz parte, este aspecto é estratégico para questões de suprimentos, escoamento da produção e gerenciamento dos resíduos. Tem um sistema de gerenciamento de custos de produção com base em receitas pré-definidas, entretanto o sistema de compras funciona junto com a central do grupo para que os materiais possam ser adquiridos em quantidades maiores e a menores preços.

Na fábrica são produzidas petas, pães congelados (para fermentação e cocção nas unidades de venda), pães para venda (hambúrguer, cachorro quente e fôrma), doces, salgados, pizzas, farinha de rosca e batata palha. O *mix* de produtos é distribuído em linhas de: panificação, confeitaria doce, confeitaria salgada e petas.

A aplicação dos critérios para potencialidade de SI na pesquisa, indica um percentual 56,41% para a fábrica. Observa-se a preocupação com os resíduos gerados nas instalações dá suporte a gestão da qualidade dos produtos praticada pela empresa. Ressalta-se a busca de diminuição de desperdício dos materiais com um sistema de programação de produção enxuto e pela supervisão das equipes que buscam reduzir as perdas nas fontes geradoras no processo produtivo.

A AB05 fornece pães e petas para mais de quarenta padarias de Teresina e do interior do estado do Piauí e Maranhão. O processo de fabricação de pão consiste em um setor de pré-mix não estruturado. Neste setor, um funcionário, com auxílio das receitas, faz a dosagem das bateladas de produção em baldes plásticos de um outro insumo.

Nesta fábrica, são consumidas, diariamente, 2500 kg (50 sacos) de trigo, 260kg de açúcar (6 sacos), 45kg de margarina, 13kg de anti-mofó e 18 litros de óleo para fabricação dos seus produtos. Os principais resíduos gerados são embalagens plásticas e sacos de rafia. As embalagens são descartadas sem a devida segregação e tratamento, enquanto os sacos são armazenados e utilizados para acondicionar produtos que retornaram do mercado⁵, estão velhos

⁴ Os produtos são fabricados no dia seguinte a efetivação do pedido, e entregues no próximo dia (segundo dia do pedido).

⁵ A empresa trabalha com um processo de distribuição que recolhe produtos não vendidos e próximos do prazo de validade dos pontos de comercialização.

e/ou tiveram algum problema no processo de fabricação. Estes produtos são enviados para fazendas e são utilizados como ração animal. Pães sem mofo para bovinos e pães com mofo para piscicultura. Após esta utilização, os sacos de fibra plástica não recebem destinação.

A empresa AB05 obteve um percentual de 26,14% de alcance das dimensões em análise. O valor aponta as necessidades prévias da empresa, ante a implantação de SI, uma vez que o modelo de distribuição pode ser revisto e outras iniciativas podem ser tomadas com relação a diminuição do retorno de produtos do mercado, como ajuste na previsão de demanda e controle da quantidade de pedidos por parte dos distribuidores.

A AB06, localizada na zona sul de Teresina, tem como principal atividade o abate de aves e apresenta, aproximadamente, 500 funcionários. As instalações industriais têm duas rotinas, durante o dia o abate e tratamento das aves, a noite limpeza e assepsia dos departamentos e equipamentos.

Nos processos são gerados: sangue, vísceras, penas e efluentes líquidos. São utilizados, diariamente, 100.000 litros de água, utilizada no *chiller* e limpeza do piso, que acontece de maneira contínua no setor de recebimento, sangria e depenagem. As vísceras e penas são encaminhadas para o setor de subprodutos, onde são fabricados farinha e óleo de vísceras e farinha de penas, numa ordem de 4500kg, 3000kg e 1950kg por mês (para uma quantidade abatida de 32 mil aves). Estes produtos são vendidos como ingredientes de ração animal. Os efluentes são direcionados para lagoas de estabilização localizadas na própria empresa.

O responsável técnico informou que a fábrica logo passará por uma expansão para duplicação da capacidade de produção, para isso o projeto de ampliação prevê a instalação de uma ETE. A fábrica não possui programas ambientais e nenhum tipo de certificação, opera com licença ambiental e um plano de gerenciamento de resíduos sólidos. Parte do abastecimento das caldeiras da fábrica se dá com a queima de paletes.

AB06 alcança o valor de 57,06% de potencialidade de SI. Este valor indica que esta já realiza práticas de SI do nível 2 (SI interna) e tem iniciativas na gestão de resíduos. Para que se enquadre no escopo da SI, precisa estabelecer relações com outras empresas e otimizar o gerenciamento de materiais que são negligenciados.

Pacheco, Moita Neto e Da Silva (2018), ao realizarem a avaliação do ciclo de vida de ração para uma cooperativa de produção de frango de cortes, ressaltam que a utilização de subprodutos de outras cadeias produtivas (como farinha de carne e ossos de matadouros) reduz os impactos ambientais da criação das aves. De maneira análoga, a utilização dos subprodutos

gerados pela empresa em estudo, favorecem a redução dos danos ao meio ambiente gerados pelas unidades consumidoras destes produtos.

Partindo da observação *in loco* e dos relatos dos gestores das empresas visitadas, pode-se concluir as principais motivações existentes para as práticas atuais das unidades produtivas, as principais barreiras existentes para o estabelecimento de SI e potenciais motivações para adoção de outras práticas de SI (vide quadro 06).

Quadro 6 – Barreiras e motivações para práticas de compartilhamento de subprodutos nas indústrias do ramo de alimentos e bebidas

Empresa	Barreiras	Motivações para práticas atuais	Motivações para adoção de outras práticas de SI
AB01	a) Empresas locais que comprem/recebam materiais com emissão de certificado de destinação final; b) Estudo de viabilidade técnica para resíduos específicos.	a) Política e Sistema de Gestão Ambiental da empresa que é atrelada a manutenção da imagem de mercado; b) Geração de receita expressiva a partir da venda de subprodutos; c) Perspectiva de receita a partir da venda de resíduos processados.	a) Contribuição para economia local; b) Redução de custos de deposição de materiais.
AB02	a) Sistema estrutural que auxilie MPEs a gerenciarem seus resíduos; b) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental.	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável.
AB03	a) Sistema estrutural que auxilie MPEs a gerenciarem seus resíduos; b) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental.	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável.
AB04	a) Ausência de iniciativas que promovam o estabelecimento de parcerias entre diferentes ramos de atividades; b) Perspectiva de geração de receita a partir da gestão de resíduos.	a) Volume de geração de resíduos altos; b) Imagem da empresa;	a) Geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; d) Redução de custos de deposição de materiais.

AB05	a) Sistema estrutural que auxilie PMEs a gerenciarem seus resíduos; b) Ausência de iniciativas que promovam o estabelecimento de parcerias entre diferentes ramos de atividades; b) Perspectiva de geração de receita a partir da gestão de resíduos.	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;
AB06	a) Articulação interna para tratamento adequado de resíduos que atualmente tem menor perspectiva de geração de receita e/ou tem geração menor.	a) Volume de geração de resíduos altos; b) Imagem da empresa; c) Perspectiva de obtenção receita a partir da venda de resíduos processados.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;

Fonte: o autor (2019).

Infere-se que as motivações são diversas (até mesmo pela diversidade da amostra), estas vão desde a perspectiva de geração de receita pela venda de subprodutos, a imagem projetada pela empresa. De forma não exitosa, observa-se as motivações para a ausência de práticas relacionadas não apenas à SI, mas a aspectos de gestão ambiental mais básicos. São eles: a ausência de consciência ambiental e uma fiscalização deficiente. Observa-se também que algumas iniciativas adotadas por algumas empresas se dão pela necessidade de dar destinação aos resíduos que são gerados em grandes quantidades.

A lacuna de conscientização ambiental por parte das empresas, assim como a falta de organismos e/ou programas que ajudem estas a se articularem com relação as práticas de gestão ambiental, são levantadas como barreiras para o estabelecimento de práticas de SI. Esta última, recebe um enfoque especial ao tratar-se de PME's. Durante o processo de coleta de dados, observou-se que a estrutura enxuta destas empresas, até então busca a sua permanência no mercado. Iniciativas de fomento, conscientização e suporte técnico para gestão ambiental e consequentemente práticas de SI, podem ser fundamentais para a inclusão destas unidades produtivas no cenário da economia circular.

Após o cálculo dos percentuais de potencialidade de SI de cada empresa estudada do setor, foram levantados os principais resíduos gerados por estas e suas respectivas destinações (vide quadro 07). A partir destas informações, e focando nos resíduos que tem destinação

inadequada e/ou são destinados aos aterros sanitários, foram levantadas as reais potencialidades SI por partes destas empresas, com base em conhecimentos técnicos e casos da literatura.

O quadro 08 traz um compilado das potencialidades de SI, aspectos da literatura que ratificam a possibilidade de SI, e quantifica a partir do catálogo industrial disponível, quantas unidades produtivas tem potencial para estabelecimento de parceria, além de uma indicação breve dos próximos passos que precisam ser dados pelas empresas para o atingimento deste objetivo.

A unidade AB01 dá uma destinação adequada para seus principais resíduos. Já podem ser considerados aspectos de SI interna e externa. Esta possui uma atividade de beneficiamento de CO₂ caracterizada como simbiose interna (tipo 2), além venda dos rótulos extraídos das garrafas para fabricação de papel higiênico. A empresa posiciona-se mais como recebedora do que fornecedora nas relações simbióticas.

Quadro 7 – Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de alimentos e bebidas

Empresa	Material	Destinação					Considerações
		Aterro	Venda (Reciclagem)	Venda ou Relação SI	Reprocessamento (interno)	Destinação inadequada	
AB01	Papel		X				
	Plástico		X				
	Borra de papel			X			Destinação: fabricação de papel higiênico
	Vidro		X				
	Resíduo Organico	X					
	Óleo		X				
	Fermento			X			Destinação: criação bovinos
	Terra infusória	X					
	Cinzas	X					
	Efluente				X		
AB02	Papel					X	
	Plástico					X	
	Resíduo Organico					X	
AB03	Resíduo Organico					X	
	Cinzas					X	
AB04	Embalagens plásticas		X				
	Embalagens papel		X				
	Resíduo Organico	X					
	Alimentos			X			Destinação: doação para instituições
AB05	Sacos de fibra					X	
	Plástico					X	
	Pão (velho)			X			Destinação: fazendas
AB06	Penas				X		
	Visceras				X		
	Efluente						
	Papelão	X	X				
	Plástico	X	X				
	Madeira				X		

Fonte: o autor (2019)

Quadro 8 – Potencialidades de estabelecimento de SI para o setor de alimentos e bebidas

Empresa	Material	Oportunidade Identificada	Literatura	Potencial Parceria Local	Próximos passos
AB01	Terra Infusória	Utilização fabricação produtos cerâmicos (artesanais e industriais).	Goulart et. al (2010)	>10	a) Estudo das propriedades da terra infusória pós utilização.
	Cinzas	Utilização na composição de argamassa.	Siqueira, Souza e Souza (2012)	>10	a) Estudo de viabilidade a partir das propriedades da cinza gerada;
AB02	Papel	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Plástico	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Resíduo Organico	Coleta seletiva e sistema de envio para hortas comunitárias.	–	2	a) Coleta seletiva; b) Estabelecimento de parceria.
AB03	Resíduo Organico	Coleta seletiva e sistema de envio para hortas comunitárias.	Rover et. al (2015)	2	a) Coleta seletiva; b) Estabelecimento de parceria.
	Cinzas	Utilização na composição de argamassa.	Siqueira, Souza e Souza (2012)	>10	a) Coleta seletiva; b) Estudo de viabilidade a partir das propriedades da cinza gerada; c) Sistema de cooperação entre empresas sem geração expressiva de cinzas.
AB04	Resíduo Organico	Coleta seletiva e sistema de envio para hortas comunitárias.	Rover et. al (2015)	2	a) Coleta seletiva; b) Estabelecimento de parceria.
AB05	Sacos de fibra	Processamento para venda do polímero reprocessado.	Pereira et. al (2018)	>10	a) Processamento do sacos (próprio ou por outra empresa);
	Plástico	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
AB06	Papelão	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Plástico	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.

Fonte: o autor (2019)

Relatos de SI sobre uma cervejaria, feitas por Patrício et. al (2018), ressaltam a importância deste tipo de empresa para o desenvolvimento local. Goulart et. al (2010) indicam algumas aplicabilidades para a utilização dos resíduos de terra infusoria após sua utilização em atividades de produção de bebidas, como aplicação na produção de produtos cerâmicos. Teresina é conhecida por possuir um relevante polo cerâmico, o retrabalho desse material em

atividades de artesanato caracteriza-se como uma prática de SI com importante contribuição sócio cultural.

O volume de terra infusoria gerado pode tanto ser absorvido pelas atividades de artesanato como pelas indústrias cerâmicas que podem adicionar o até então resíduo como material adjunto para produção de cerâmicas e tijolos para utilização na construção civil.

As cinzas geradas pela queima de biomassa nas caldeiras podem ser utilizadas como matéria prima para produção de argamassa. Siqueira, Souza e Souza (2012) realizaram análises de viabilidade técnica para esta aplicação. Como as características físico químicas das cinzas produzidas pela queima de casca de coco babaçu na AB01 podem ser diferentes das cinzas estudadas pelos autores, vale ressaltar a necessidade de uma análise do material gerado e a necessidade de realização de ensaios para atestar a qualidade da argamassa conforme os padrões da empresa recebedora para diferentes dosagens de cinza.

As cinzas da AB03 são geradas pela queima de carvão em atividade de cocção, o volume de produção de cinzas desta empresa é bem menor do que o produzido pela AB01, além de possivelmente ter diferentes características físico-químicas. Sugere-se para este tipo de empresa, que exista uma articulação de coleta das cinzas de estabelecimentos semelhantes, até mesmo de unidades de serviços (restaurantes e churrascarias), para em uma quantidade maior, as cinzas possam ser direcionadas para uma unidade produtiva de argamassa.

A empresa AB03 também pode direcionar seus resíduos orgânicos para as hortas comunitárias do município. Vale ressaltar, que para esta atividade ideal que exista, assim como as cinzas, uma articulação entre empresas do setor para a redução de custos e o fornecimento de materiais em quantidade relevante.

A fábrica AB04, por estar integrada a um Centros de Distribuição (CD), tem seus resíduos tratados juntamente com materiais de outras instalações. A integração do sistema de gestão de subprodutos já é classificada como uma prática de SI. Observa-se potencialidade para o tratamento dos resíduos orgânicos (trigo, manteiga, açúcar e de alimentos em geral), estes podem ser direcionados para cooperativa de hortas localizadas próximas ao CD.

O eco-parque de Tianjin (China) integra simbiose industrial e urbana em um projeto de *eco-city* desde 2008. A gestão integrada dos resíduos gerados por uma população de até então 350.000 residências acontece juntamente com a produção de sub produtos do complexo industrial da região. *Federal Office for the Environment Switzerland* (FOEN, 2014), aponta que

os próximos passos de integração nesta rede são na integração da logística do complexo com CDs locais.

Na unidade AB05, vários aspectos ambientais e de boas práticas de fabricação precisam ser observados e adequados, a prática de SI, em primeiro momento, pode ser sistematizada para o retorno de produtos do mercado e para os sacos de fibra (rafia) gerados e que não tem destinação final adequada nas fazendas, uma quantia de média de 16700 sacos por mês.

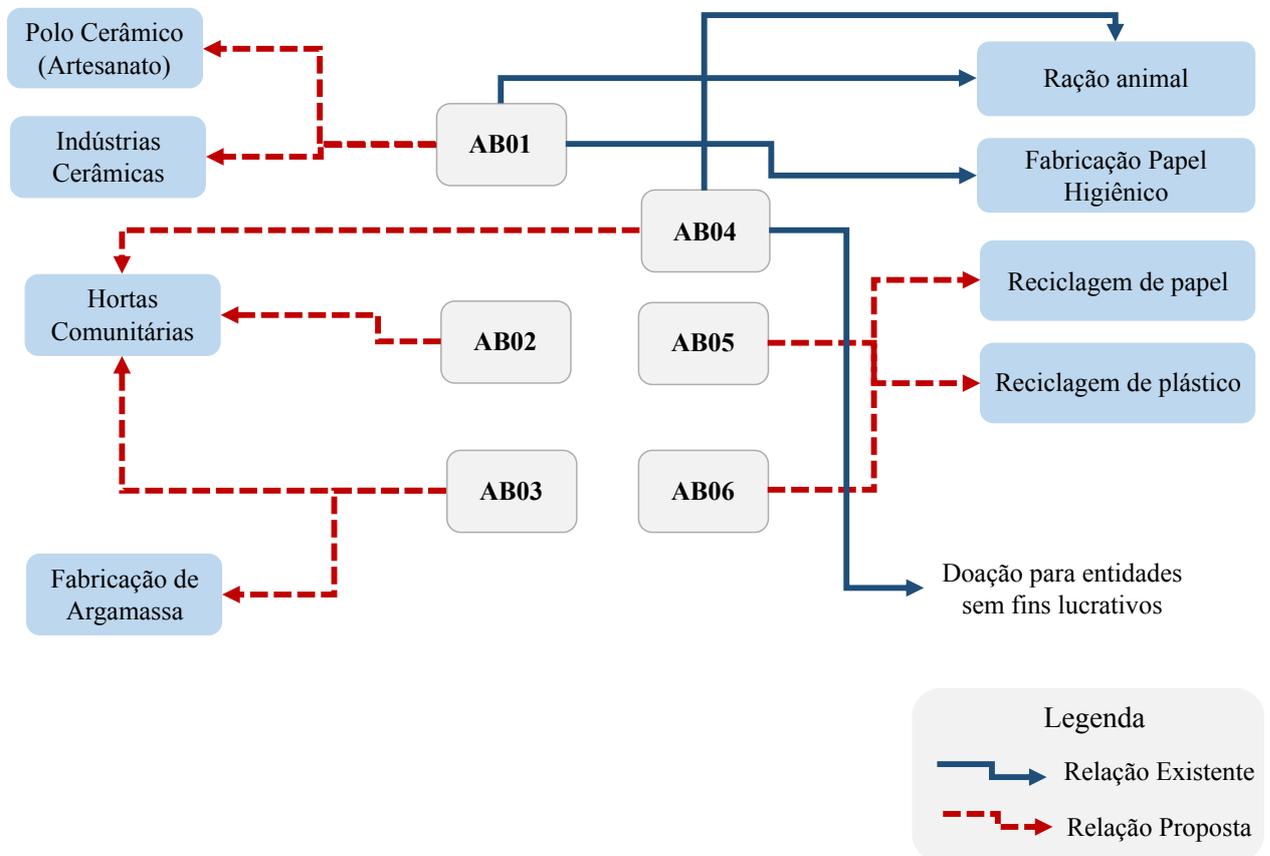
Os sacos de rafia, essencialmente compostos por polipropileno, podem ser processados e extrusados para utilização na fabricação de cadeiras de praia, brinquedos, utilidades domésticas, tintas e componentes de veículos (painéis, calotas e acessórios). Callejon-Ferre (2010) aponta a geração de sacos de rafia como uma das questões que merecem tratamento adequado em sistemas agroindustriais, o autor ressalta a necessidade de separação adequada e processamento do polipropileno para utilização em outras aplicações.

Pereira et. al (2018) apontam a viabilidade do reprocessamento deste tipo de material para outras destinações como fabricação de cadeiras praia, brinquedos, utilidades domésticas, tintas, calotas e outros componentes automotivos que tem como base o polipropileno. Na amostra recuperada que trata da temática deste trabalho, não foram localizadas iniciativas de sistemas de SI que tenham este material entre os que são trocados/processados/comercializados, apesar de várias redes de trocas simbióticas envolverem produtos e processos agroindustriais.

Na indústria AB06, existe um processo eficiente de reaproveitamento de grande parte dos seus subprodutos. Em consulta aos responsáveis técnicos da empresa, foi informado que toda a produção de subprodutos é escoada com facilidade para o mercado local. Observa-se grandes oportunidades de SI para a alimentação das caldeiras, que quando não alimentadas com paletes velhos, utiliza madeira comprada.

Diante das análises realizadas, e das potencialidades de SI levantadas sobre as empresas estudadas setor de alimentos e bebidas, a figura 22 apresenta as principais relações existentes e as propostas por este estudo.

Figura 22 – Relações simbióticas existentes e propostas para empresas estudadas do ramo de alimentos e bebidas



Fonte: o autor (2019)

Observa-se no cenário atual, que existem apenas quatro relações de fornecimento de resíduos como *in-put* de outros processos produtivos. O estudo realizado propõe oito novas relações, visando reduzir a destinação inadequada de materiais, suporte a iniciativas com aspecto social (hortas comunitárias e artesanato) e geração de receita para as empresas. Esta análise também evidencia a diversidade das atividades e dos setores envolvidos são importantes para a composição de uma rede simbiótica.

Propostas e projetos de incentivo, com conscientização, estrutura informacional e logística para o estabelecimento das trocas, pode tornar a prática de SI exitosa e também evitar que disfarce problemas de geração de resíduos e desperdícios da produção.

5.2 Ramo de Cerâmica e Concreto

O ramo de cerâmica e concreto contemplam as empresas que fabricam telhas, tijolos, pré-moldados, análise de concreto. Localizadas em áreas mais afastadas da porção central do

município, foram visitadas três empresas do ramo, procurando representar a diversidade das atividades do setor. O quadro 9 apresenta as informações globais das empresas.

As empresas estudadas produzem tanto para estocar (*make to stock – MTS*), a partir de pedidos (*make to order – MTO*) e/ou adquirem os produtos a partir da solicitação de uma atividade (*resources to order – RTO*). Tem as decisões com relação a produção tomadas em geral pelos gestores (*top down*), e definem mix de produtos e regimes de produção a partir da disponibilidade de recursos próprios e capacidade de produção (*based on resources*).

Em todas as instalações visitadas foram constatadas potencialidade de SI. Contudo, a necessidade primária para as empresas ainda são iniciativas relacionadas à coleta seletiva e redução de geração de resíduos na fonte (processo produtivo). A potencialidade de SI calculada para o setor é de 33,84%, não pela ausência de possíveis trocas simbióticas, mas pelas atividades e processos que precisam ser alinhados para que as relações de SI possam efetivamente contribuir para o desenvolvimento sustentável da empresa e do seu entorno.

Os percentuais de potencialidade individuais de SI (figura 23) são explanados por empresa, assim como as motivações e barreiras para o estabelecimento de SI e iniciativas de práticas de gestão ambiental (quadro 10).

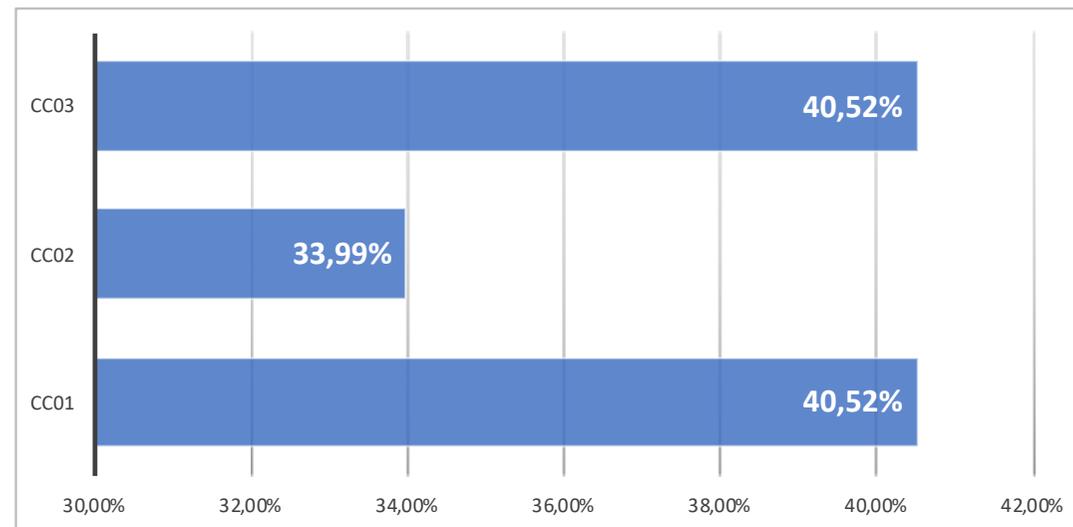
A empresa CC01, segundo o catálogo industrial utilizado nesta pesquisa, está classificada no segmento de cerâmica e concreto. A sua atuação contemplava o processo de fabricação de atividades com pré-moldados. Nas circunstâncias da realização da pesquisa, a empresa está trabalhando apenas com as análises de granulometria de agregados para a construção civil e testes de corpo de prova de concreto.

A empresa CC01 localiza-se nas mesmas instalações físicas da empresa MN01, tendo salas e uma área destinada para suas atividades. Emprega três funcionários e opera em horário administrativo.

Quadro 9 – Características das empresas estudadas do ramo de cerâmica e concreto

Empresa	Função Produção	Ambiente de Produção	Estratégia de Produção Maj.	Estratégia de Produção Coadj.	Zona Cidade	Quantidade de Funcionários	Porte	Período de atividade (anos)
CC01	Pré moldados e análises laboratoriais	<i>Resource to Order (RTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Marketing in</i>	Sudeste	30	Pequena	15
CC02	Fabricação de Pré moldados	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sudeste	15	Pequena	30
CC03	Fabricação de produtos cerâmicos	<i>Make to Stock (MTS)</i>	<i>Botton Up</i>	<i>Based on resources</i>	Zona Rural	230	Média	41

Fonte: o autor (2019)

Figura 23 – Potencialidade de Simbiose Industrial por empresa – Setor de cerâmica e concreto

Fonte: o autor (2019)

Quadro 10 – Barreiras e motivações para práticas de compartilhamento de subprodutos nas indústrias do ramo de cerâmica e concreto

Empresa	Barreiras	Motivações para práticas atuais	Motivações para adoção de outras práticas de SI
CC01	a) Sistema estrutural/informacional que auxilie PMEs a gerenciarem seus resíduos; b) Estudo de viabilidade técnica para resíduos específicos; c) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental.	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa; c) Economia na aquisição de materiais intermediários de produção (óleo).	a) Contribuição para economia local; b) Redução de custos de transportes dos materiais para reutilização/reprocessamento.
CC02	a) Lacuna de conhecimento e conscientização	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa; c) Economia na aquisição insumos (fabricação de pré-moldados).	a) Contribuição para economia local; b) Redução de custos de transportes dos materiais para reutilização/reprocessamento.
CC03	a) Lacuna de conhecimento e conscientização	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa; c) Economia na aquisição de materiais intermediários de produção (óleo).	a) Geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: o autor (2019).

Os principais resíduos gerados desta atividade são as sobras de agregados analisados e os corpos de prova de concreto. Ambos recebem destinação inadequada, o primeiro tem a mesma deposição e destino das sujidades do processo de fabricação de argamassa e o segundo são acumulados em área aberta na empresa e depois também recebem destinação imprópria.

O grau de potencialidade individual alcança valor de 33,99%. Indica-se aqui as lacunas de gerenciamento de aspectos ambientais básicos como a coleta seletiva e segregação dos materiais em baias e área adequada. Os corpos de prova são depositados ao ar livre, onde vegetação rasteira chega a crescer sobre a deposição, abrigando pequenos animais. Apesar de não ser uma indústria alimentícia, convém o controle de pragas, que acaba por ser dificuldade por este aspecto.

A empresa CC02 encontra-se fisicamente integrada a outras empresas de um mesmo grupo. A fabricação de pré-moldados é feita com resíduos metálicos da construção civil para montagem da estrutura das peças de concreto, esses materiais são coletados de obras executadas pela construtora do grupo. Ao chegarem, esses resíduos são segregados de acordo com suas características físicas e possíveis aplicações.

O recebimento destes materiais é incerto uma vez que os resíduos são entregues a cada final de obra, de acordo com o comportamento do mercado da construção civil e da quantidade de obras executadas pela construtora do grupo, tanto a chegada desses resíduos, quanto suas quantidades são indefinidas.

Vale ressaltar que CC02 não executa medições ou controle para mensurar a economia de materiais que obtém com esta prática, assim como tem programação para a chegada de novos materiais a partir do cronograma das obras.

CC02 pontua 43,66% de potencialidade individual de SI. Assim como em outras empresas estudadas, esta reaproveita resíduos de outras atividades como insumos de outros processos produtivos. Apesar da atividade de compartilhamento ser realizada com empresas diferentes (ainda que do mesmo grupo), a SI realizada ainda acontece de maneira desarticulada e ainda não computa ganhos ou economia reais na percepção dos gestores da empresa.

O valor alcançado, se dá pelo não cumprimento de outros aspectos antecedentes à SI, e pela realização desta como apenas uma forma de reaproveitamento de materiais para a economia na aquisição de matérias primas.

A empresa CC03 produz cerâmicas e tijolos, sua principal matéria prima é a argila e a produção acontece em quatro etapas: tratamento, fabricação, secagem e a queima. Nesta unidade, são utilizados planos de manejo florestais para consumo de lenha nativa, como o consumo de eucalipto de reflorestamento, a eliminação da lenha como combustível e a substituição do mesmo por combustíveis alternativos com o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), serragem e o cavaco de bambu.

Durante a realização da visita técnica, foram observados derramamento e vazamento de óleo no solo, ao ar livre, proveniente das máquinas utilizadas pela empresa. O que agrava a situação é o fato do mercado local não dispor de unidades apropriadas para o armazenamento e descarte correto do óleo utilizado.

A obtenção de produtos finais fora das especificações técnicas é um dos desafios da empresa. Durante uma semana, são geradas uma média de 5200 unidades defeituosas, estas são

segregadas da produção sem defeitos e direcionados por uma esteira para a área externa da fábrica onde são prensados por uma retroescavadeira e reincorporados na produção.

Durante o processo de fabricação da cerâmica, também é feito o manejo do pó de serragem que é utilizado para alimentar os fornos. Este material é adquirido de empresas parceiras da região.

Após a pontuação dos critérios estabelecidos nesta pesquisa, CC03 alcança o percentual de potencialidade de SI de 31,16%. Mesma faixa alcançada pelas demais empresas do setor. Este valor aponta a necessidade de melhorias nos processos de produção para evitar a geração de resíduos e a que a empresa pode vislumbrar novos meios de tratamento dos seus subprodutos além das atividades de reaproveitamento interno.

Os principais resíduos gerados por estas três empresas estudadas, e suas destinações foram elucidados no quadro 11. Da mesma forma como realizado nas empresas AB, a partir do tipo destinação dada aos materiais, foram construídas as potencialidades de SI partindo de conhecimentos técnicos, observações realizadas em campo e casos da literatura.

No quadro 12, são apresentadas as potencialidades de SI tidas como viáveis, estudos que apontam viabilidade de SI e a quantidade de unidades produtivas na região que podem estabelecer a parceria elucidada. Por fim, são indicadas ações para serem tomadas pelas empresas para o estabelecimento da relação.

Na empresa CC01, durante a realização da pesquisa, o responsável pelo setor informou que a aquisição de um equipamento capaz de fragmentar os corpos de prova poderia fazer com que este material fosse comercializado como agregado para a construção civil e fabricação de pré-moldados.

Caso a aquisição não seja viável, também pode ser proposto para a empresa o processamento deste material em outra empresa que tenha o referido equipamento, ou o compartilhamento da aquisição e operação desta máquina por um conjunto de empresas que geram corpos de prova e materiais de concreto semelhantes.

Quadro 11 – Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de cerâmica e concreto

Empresa	Material	Destinação					Considerações
		Aterro	Venda (Reciclagem)	Venda ou Relação SI	Reprocessamento (interno)	Destinação inadequada	
CC01	Corpos de prova					X	
CC02	Aparas metálicas	X					
	Sobras de concreto	X					
	Sobras de agregado	X					
CC03	Óleo usado					X	
	Argila processada				X		Retorna para a produção
	Cinzas					X	

Fonte: o autor (2019)

A destinação inadequada dos materiais acontece por ainda ser uma opção para a CC01. A fiscalização ineficiente, a cadeia de suprimentos que não faz exigências com relação a certificações ambientais e a falta de uma consciência ambiental contribuem para este tipo de comportamento organizacional. A reutilização de corpos de prova de concreto, segundo a literatura recuperada, é feita com a trituração do material e aplicação como agregado graúdo para fabricação de concreto (LAURITZEN, 1998; MOLIN E LIMA, 2004; SANTOS et. al, 2016). A trituração do material acontece em britadeiras e a dosagem em proporções convenientes, não afeta a resistência à compressão e durabilidade do novo concreto.

Na empresa CC02, a produção de pré-moldados pode receber outros materiais vindo das obras como concreto, que após ser britado, na dosagem adequada por servir de agregado graúdo para a composição de concreto. Para esta unidade, propõe-se a construção de uma série histórica e de uma estimativa de tipos e quantidade de materiais que são gerados a partir das características das obras executadas pela construtora. O reaproveitamento de subprodutos da construção civil é abordado por diversos autores. A atividade proposta de britagem do concreto recolhido para composição de agregado graúdo para fabricação de concreto, podem ser consultados nos trabalhos de Lauritzen (1998), Molin e Lima (2004) e Santos et. al. (2016).

Quadro 12 – Potencialidades de estabelecimento de Simbiose Industrial para o ramo de cerâmica e concreto

Empresa	Material	Oportunidade Identificada	Literatura	Potencial Parceria Local	Próximos passos
CC01	Corpos de prova	Britagem dos corpos de prova para utilização	Lauritzen (1998), Molin e Lima (2004) e Santos et. al. (2016)	>10	a) Estudo de granulometria e dosagem do corpo de prova; b) Construção de espaço de armazenamento e sistema logístico.
CC02	Aparas metálicas	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Sobras de concreto	Coleta seletiva e segregação adequada para diminuir desperdício.	–	Própria empresa	a) Coleta seletiva.
	Sobras de agregado	Coleta seletiva e segregação adequada para diminuir desperdício.	–	Própria empresa	a) Coleta seletiva.
CC03	Óleo usado	Segregação adequada para fornecimento para queima no tratamento de areia para fabricação de argamassa.	–	<10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Argila processada	Adequação dos parâmetros técnicos de fabricação.	–	Própria empresa	a) Implantação sistema de controle estatístico de qualidade.
	Pó de serragem	Recebimento de pó de serragem de empresas que fabricam móveis e/ou utilizam madeira.	Gomes e Sampaio (2004) e Júnior et. al (2004)	>10	a) Seleção de parceria; b) Construção da instalação para deposição adequada do pó de serragem.
	Terra infusória	Recebimento de terra infusória de processos de fabricação de bebidas.	Goulart et. al (2010)	<10	a) Estudo das propriedades da terra infusória pós utilização.
	Cinzas	Utilização na composição de argamassa. Adição em produtos de cerâmica vermelha.	Siqueira, Souza e Souza (2012) e Santos (2016)	>10	a) Estudo de viabilidade a partir das propriedades da cinza gerada;

Fonte: o autor (2019)

A unidade CC03 apresenta não somente oportunidades de SI, mas antes de estabelecer trocas simbióticas, precisa atuar no gerenciamento dos resíduos e rejeitos. A quantidade de produtos não conforme vem sendo tratada com padronização dos processos de produção.

O óleo utilizado pelas máquinas, deve ser segregado corretamente, em containers ou bobonas adequadas em bacias de contenção, para então receber destinação. Ele pode ser recebido pela empresa MN01 para a queima de areia ou por outra unidade que o reutilize em seu processo de produção.

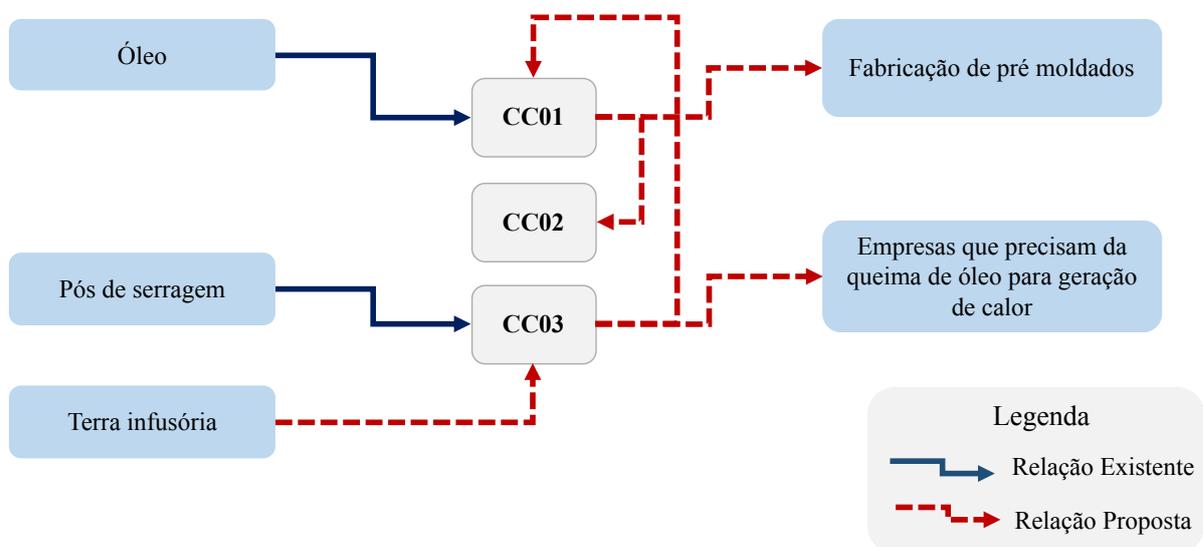
Para a não utilizar gás GLP e outros combustíveis fósseis no processo de queima nos fornos, a empresa pode ampliar a rede de fornecedores de pós de serragem ou aquisição de briquetes deste material e similares, uma vez que eles têm maior poder calorífico do que o pó de serragem não comprimido.

A empresa CC03 também pode receber terra infusória da empresa AB01 para a adição no processo de fabricação de um dos seus produtos, após as devidas análises e testes para evitar o aumento do volume de produtos para o reaproveitamento.

A unidade em estudo também pode receber o resíduo orgânico da estação de tratamento de efluentes, após o devido estudo para a aplicação. O estabelecimento desta relação se dá mediante a necessidade de emissão de certificado de destinação final por parte da CC03.

Diante das potencialidades levantadas como viáveis a figura 24 aponta as relações existentes e as propostas após o estudo.

Figura 24 - Relações simbióticas existentes e propostas para empresas estudadas do ramo de cerâmica e concreto



Fonte: o autor (2019).

A indústria cerâmica tem várias possibilidades de estabelecimento de práticas de SI e atividades que favoreçam a conservação de recursos e promovam a sustentabilidade. Na literatura recuperada, a indústria cerâmica do *eco-parque* de Fujisawa (Japão) incorpora diversos resíduos como material agregado para a produção de produtos cerâmicos (FOEN, 2014). Apesar desta parte ter sido projeto para o estabelecimento de relações de SI, é uma comparação válida com os casos em estudo.

5.3 Empresas dos ramos de ferro e outros metais; e materiais elétricos

Estes segmentos englobam as indústrias metal mecânica e as que fabricam materiais para instalações elétricas (fios e cabos). Os principais consumidores destas unidades produtivas são as empresas engajadas diretamente na construção civil, tanto da capital quanto do interior do estado. As empresas do setor de ferro e outros metais não produzem estes materiais, realizam corte e dobra dos metais para distribuição.

Destes setores foram estudadas cinco empresas (quadro 13), toda as unidades da amostra programam suas atividades de produção a partir dos pedidos dos clientes (*make to order*) e apenas uma delas associa esse ambiente de produção ao que se produz para estocar (*make to stock*), por já ter produtos com uma demanda prévia. Todas as fábricas estudadas tem um modelo de gestão centralizado (*top down*), familiar, com tempo e experiência no mercado média de 21 anos.

Ao realizar a análise de potencialidade de SI deste conjunto de empresas, obtém-se o valor de 52,99% (vide percentuais individuais na figura 25), isso indica que, de maneira geral, estas empresas realizam segregação dos resíduos e tem interesse quanto a destinação final dos materiais que elas caracterizam importantes. A seguir, serão apresentas características individuais de cada empresa destes setores, assim como as análises realizadas.

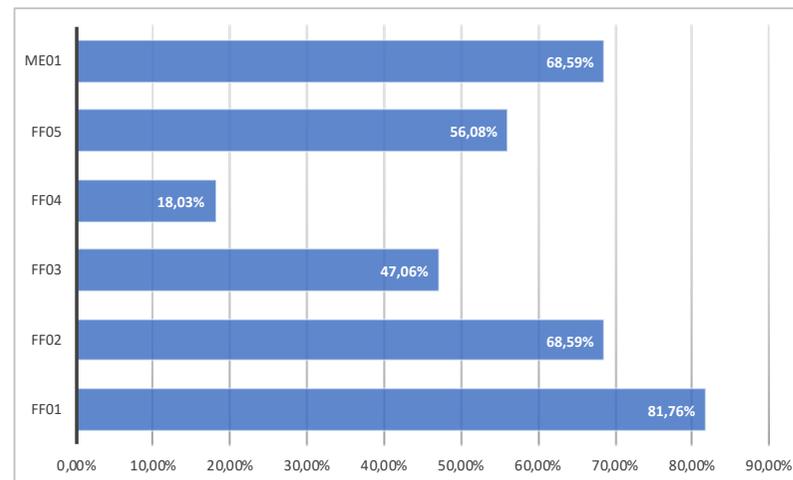
A empresa FF01, multinacional e com fábricas no Brasil, é especializada na produção de latas para o envase de cerveja e refrigerantes. A unidade de Teresina tem pouco mais de seis anos de instalação e uma capacidade de produção média de quatro milhões de latas de aço por dia, atende ao mercado local e norte/nordeste de envase de latas. A unidade apresenta linha de produção que manufatura diferentes modelos de latas. O processo de produção é automatizado com um sistema supervisorio e poucos operadores na linha de produção.

A água que a unidade utiliza é captada no Rio Poty e tratada em uma ETA da empresa para os processos produtivos e utilização em geral na fábrica. Não existe um processo de desmineralização da água, as condições da água para o consumo humano são as mesmas exigidas pelo processo produtivo. Nas etapas de lavagem das latas são gerados efluentes que são captados por um sistema de canaletas e direcionadas para a ETE. Na ETE são tratadas além das águas residuais da lavadora, água utilizada no processo de limpeza das instalações, o fluido é captado por um sistema de canaletas no piso.

Quadro 13 — Características das empresas estudadas do ramo de ferros e outros metais e materiais elétricos

Empresa	Função Produção	Ambiente de Produção	Estratégia de Produção Maj.	Estratégia de Produção Coadj.	Zona Cidade	Quantidade de Funcionários	Porte	Período de atividade (anos)
FF01	Fabricação de latas de aço	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Norte	200	Média	6
FF02	Fabricação de cabos de aço	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sudeste	118	Média	14
FF03	Corte e dobra de aço	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Tow Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sudestes	20	Pequena	33
FF04	Tornearia, corte e dobra	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Tow Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sul	9	Micro	25
FF05	Corte e dobra de aço	<i>Make to Stock (MTS) / Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Marketing in</i>	Sul	20	Pequena	36
ME01	Fabricação de cabos de cobre	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sudeste	118	Média	14

Fonte: o autor (2019).

Figura 25 – Potencialidade de Simbiose Industrial por empresa – Setor de ferros e outros metais; e materiais elétricas

Fonte: o autor (2019).

Na ETE também são tratados os efluentes da máquina que faz o estiramento d (água com lubrificante) de equipamentos do processo produtivo. Os resíduos de tinta, solventes e vernizes são coletados e separados para coleta por uma empresa especializada. O lodo produzido na ETE é coletado e vendido como agregado de produção cerâmica para uma empresa no estado do Ceará.

Os resíduos de óleo dos equipamentos e graxas da manutenção são segregados para recolhimento, assim como os materiais sujos de óleo e graxa como papeis, plásticos e estopas. As bobonas e frascos de químicos são lavados e segregados para coleta pelos fornecedores. Durante a realização da pesquisa não foi possível averiguar quais os destinos que a referida empresa dá aos materiais, mas foi informado que esta fornece certificado de destinação final dos subprodutos, uma vez que a FF01 precisa desta documentação para aquisição de insumos e venda dos seus produtos.

A operação e o quadro de gestores recebem treinamentos referentes a práticas ambientalmente corretas e sobre política de meio ambiente da empresa, esta é um documento formal da empresa e difundida entre os funcionários no processo de integração que acontece logo após a contratação. Também, são realizadas capacitações com instruções práticas sobre a operacionalização dos resíduos gerados nas atividades de operação, manutenção e limpeza.

A empresa possui certificação da série ISO 14000, associados aos certificados de destinação final dos resíduos e as licenças ambientais, esta documentação funciona como pré-requisito para suas atividades de compra e venda dentro da cadeia produtiva.

Ao analisar os atendimentos dos critérios adotados pela pesquisa, a empresa FF01 alcança uma potencialidade de SI de 81,76%, sendo que a empresa já realiza atividades de retorno de material e trocas simbióticas, mesmo que do tipo 5, pela distância da parte recebedora. A não utilização de um recebedor local se dá pelo fato de os possíveis recebedores não emitirem certificado de destinação final do material, documentação necessária para atividades comerciais da empresa.

A empresa FF02 e ME01 compartilham o mesmo conjunto de instalações industriais (mas localizam-se em galpões diferentes) e equipe de gestão, assim como os aspectos relacionados a gestão ambiental, que são os mesmos para as duas fábricas. As empresas produzem fios e cabos de aço e cobre para instalações elétricas. Tem 14 anos de atuação no mercado e 118 funcionários, trabalhando durante três turnos.

O sistema de gestão fabril é baseado em pilares de atuação e foi desenvolvido pelo grupo empresarial que faz parte. A maioria dos cargos de liderança e operacionais são ocupados por profissionais mais jovens, nota-se aspectos da gestão (como quadros, planos e sinalizações) nos ambientes administrativos e no ambiente de produção.

O processo de produção consiste em trefilação, cobertura, corte e pacote. A linha de produção é limpa e seca, e *layout* misto (em linha e por processo). Quanto à geração e gestão de resíduos, a empresa emprega um funcionário de nível operacional e um outro com atribuições administrativas, com função de gerir as quantidades produzidas, segregação, envio, venda e/ou doação dos materiais.

São gerados pelas empresas: sucata de aço (ME01), sucata de cobre (FF02), borra de poli (cloreto de vinila) (PVC), emulsão (óleo e aditivos). As sucatas são vendidas para os fornecedores de metal e reutilizadas no processo de fabricação de novas peças de aço e cobre. A borra é encaminhada para uma empresa de São Paulo, que faz seu tratamento e destinação. A gestora participante da pesquisa, informou que esta ação é realizada apenas para evitar a deposição inadequada do resíduo, pois o valor de venda da borra, supre apenas o custo do envio do material.

A emulsão é armazenada e coletada bimestralmente por uma empresa do sudeste do país. O PVC é vendido para empresas que fabricam produtos artesanais e de borracha, nenhuma delas localizadas na região. Este também já foi direcionado para uma empresa local de tubos, mas a geração da borra não era suficiente para a demanda da empresa recebedora, o que descontinuou a operação. Papelão e plásticos são vendidos para cooperativas locais. Os paletes, bobinas e peças de madeira são encaminhadas para outra empresa do grupo, onde são utilizados como biocombustível de caldeira. A empresa, também, reutiliza internamente estes materiais na construção de armários e móveis para a linha de produção.

A empresa dispõe de certificações técnicas para a produção dos produtos para rede elétrica (INMETRO, ISO 9001 e certificação *Bureau Veritas*), mas não possui certificações ambientais. Com relação a estas práticas, possui um conjunto de indicadores internos, que visam além da conformidade dos processos de segregação e destinação final, a redução das fontes geradoras de resíduos.

Analisando os critérios de potencialidade de SI, as empresas FF02 e ME01 pontuam 68,59%, isso indica que realizam a gestão dos seus resíduos.

A empresa FF03 atua no corte e dobra de metais para a construção civil, o seu principal cliente é a construtora do grupo empresarial a que pertence. Funciona em horário administrativo, durante a realização da pesquisa, parte dos funcionários estavam realocados em atividades das outras empresas do grupo, no mesmo parque industrial, pela baixa demanda no período. Em operação, gera aparas de metal e resíduos de óleo dos equipamentos. Os metais são segregados e vendidos no mercado local.

A empresa FF04 opera com corte e dobra de metais e usinagem de peças para manutenção de equipamentos industriais e da construção civil. Os resíduos da operação (cavacos, peças de metal e óleo) não são segregados e recebem destinação adequada.

Em ambas as empresas não existe um monitoramento da geração destes materiais, nem a segregação para destinação adequada. A empresa tem um encarregado de gestão para articular as atividades referentes a produção (produção, estoque, pedidos, gestão dos funcionários, manutenção e suprimentos), por estes motivos e pela falta de uma consciência de gestão ambiental dos gerentes e diretos, que não exigem monitoramentos com relação a estas atividades. Por estes motivos, o percentual de potencialidade de SI da empresa FF03 é de 47,06% e da operação FF04 de 18,03%.

A empresa FF05 atua há mais de 20 anos no setor metalúrgico no norte e nordeste brasileiro. A mesma importa, transforma e comercializa produtos de ferro e aço para construção civil e metalurgia. Na FF05 existe a separação dos resíduos, usando como exemplo, bobina de aço que vem com a presença dos seguintes materiais: fita de amarração de aço, papelão, plástico, chapa de aço (capa da bobina).

Todos esses itens são segregados, possuindo destinação fixa fora da empresa, as fitas de amarração de aço e as chapas de aço podem ser revendidas ou reutilizadas no processo de produção interno da empresa. As fitas são utilizadas normalmente para amarração de tubos de aço, já as chapas, pode ser reutilizada para acomodação da matéria-prima e confecção de outros produtos com qualidade inferior aos produzidos pela empresa.

Em relação às práticas ambientais, existe a reutilização de água de um desmineralizador para usos gerais, que antes a água era jogada na rede de esgoto sem nenhuma utilização, hoje a empresa possui um sistema onde essa água é reutilizada para limpeza geral e redução de poeira no ambiente da empresa.

No processo de produção de tubos, os principais resíduos gerados foram os mesmos citados anteriormente. Apenas a fita de amarração, que é enviada do processo de desembalagem para produção de tubos onde é utilizada para amarrar os tubos após sua produção. Já a capa da

bobina que vem, também, do processo de desembalagem é enviada para outro processo que é a produção de telhas com qualidade inferior às outras produzidas pela empresa.

Por opção, alguns de seus resíduos que poderiam ser vendidos para outras empresas locais ou até mesmo disponibilizados, porém a mesma opta por não vender localmente, somente para outras empresas de outros estados pela necessidade da emissão do certificado de destinação final.

Em relação ao recebimento de resíduos de outras empresas, a mesma recebe para o processo de produção de pregos o pó de madeira, que é resíduo de uma empresa de móveis vizinha.

Em relação a maneira de como são realizadas ações para o melhoramento do gerenciamento ambiental da empresa, constatou-se que a mesma não possui um sistema de gestão ambiental estruturado; porém, nos últimos anos, a empresa vem realizando o controle dos resíduos por perceber rentabilidade destes, tanto na economia de materiais (reutilização no próprio processo produtivo), quanto no fornecimento para outras empresas.

Pelos aspectos apresentados, FF05 alcança percentual de potencialidade de SI de 56,08%. Apesar das atividades realizadas, as oportunidades do fomento da economia local com as relações, e de controle de processo, projetam esse *gap* na análise do potencial de SI da empresa.

Diante do exposto, o quadro 14 apresenta os principais resíduos gerados pelas empresas dos setores em análise e o quadro 15 as barreiras e motivações para o atual comportamento das unidades com relação à gestão de resíduos.

Quadro 14 – Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de ferros e outros metais e materiais elétricos

Empresa	Material				
		Venda (Reciclagem)	Venda ou Relação SI	Reprocessamento (interno)	Destinação inadequada
FF01	Aparas de aço	X			
	Papelão	X			
	Plástico	X			
	Latas sem verniz		X		
	Latas com verniz		X		
	Resíduo orgânico (ETE)		X		
FF02/ME01	Óleo	X			
	Borra de PVC	X			
	Sucata de aço			X	
	Emulsão		X		
	Paletes de madeira		X		
	Plástico	X			
FF03	Papelão	X			
	Óleo				X
FF04	Aparas de aço				X
	Óleo				X
	Aparas de aço				X
	Estopas com resíduo de graxa				X
	Emulsão lubrificante				X
FF05	Óleo	X			
	Aparas de aço		X		
	Estopas com resíduo de graxa				X
	Fita de amarração (aço)			X	
	Papelão	X			
	Chapa de aço			X	
ME01	Emulsão lubrificante	X			X
	Óleo	X			
	Borra de PVC	X			
	Sucata de aço			X	
	Emulsão		X		
	Paletes de madeira		X		
	Plástico	X			
Papelão	X				

Fonte: o autor (2019).

Quadro 15 – Barreiras e motivações para práticas de compartilhamentos de subprodutos nas indústrias do ramo de ferros e outros metais

Empresa	Barreiras	Motivações para práticas atuais	Motivações para adoção de outras práticas de SI
FF01	a) Empresas locais que comprem/recebam materiais com emissão de certificado de destinação final;	a) Política e Sistema de Gestão Ambiental da empresa que é atrelada a manutenção da imagem de mercado; b) Geração de receita a partir da venda de subprodutos; c) Perspectiva de receita a partir da venda de resíduos processados; d) Necessidade das certificações e dos certificados de destinação final para relações comerciais.	a) Contribuição para economia local; b) Redução de custos de transportes dos materiais para reutilização/reprocessamento.
FF02/ME01	a) Empresas locais que comprem/recebam materiais com emissão de certificado de destinação final;	a) Perspectiva de receita a partir da venda de resíduos processados; b) Necessidade das certificações e dos certificados de destinação final para relações comerciais.	a) Contribuição para economia local; b) Redução de custos de transportes dos materiais para reutilização/reprocessamento.
FF03	a) Sistema estrutural que auxilie PMEs a gerenciarem seus resíduos; b) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental.	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável.
FF04	a) Sistema estrutural que auxilie PMEs a gerenciarem seus resíduos; b) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental.	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável.
FF05	a) Ausência de iniciativas que promovam o estabelecimento de parcerias entre diferentes ramos de atividades;	a) Alto volume de resíduos gerados pelas escalas de produção; b) Fiscalização deficiente; c) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;

Fonte: o autor (2019).

Como analisado em outros setores estudados nesta pesquisa, as principais motivações para a realidade encontrada nas empresas, é não priorização das atividades ambientais. Algumas empresas, pelo seu porte de produção, são motivadas a tratar seus resíduos pela grande quantidade gerada, e pela necessidade dos certificados de destinação final dos materiais. Este também é um aspecto que faz com que algumas relações existentes não sejam com empresas locais, potenciais unidades receptoras dos materiais não emitem certificado de destinação final.

O gerenciamento conjunto de alguns resíduos gerados por pequenas e médias empresas, articulado por algum programa ou sistema que auxilie estas empresas neste aspecto, podem gerar economia de escala pelo volume dos resíduos de maneira agregada. Além da economia em processos logísticos e de tratamento.

O quadro 16 elucida as principais potencialidades de SI encontradas nas empresas em estudo, os aspectos da literatura que fazem alusão a esta possível relação, a quantidade de prováveis parcerias locais e os próximos passos necessários para as empresas estudadas, com relação as propostas feitas.

Os principais processos que podem ser alinhados, com relação as empresas em estudo, para o estabelecimento de práticas de SI são os tratamentos dos efluentes contaminados com óleo, gerados em diferentes proporções de acordo com o tamanho da empresa. Estudos como Silva et. al (2013) e Lima et. al (2016) apontam formas de tratamento desse efluente industrial. Para o setor em análise, sugere-se uma empresa ou departamento com função de articulação do processo logístico de coleta, tratamento e emissão da documentação de destinação final.

Para a empresa FF01, que possui uma estação de tratamento de efluentes, o material orgânico gerado, poderia ser utilizado na produção de cerâmica em escala industrial e/ou artesanal, conforme os estudos de Silveira e Araújo (2017) e Paixão et. al (2008).

Além da geração da emulsão, utilizado como lubrificante de alguns processos metal mecânicos, o setor em estudo também é gerador expressivo de óleo (velho), este pode ser utilizado para queima em processos que necessitem de calor advindo deste material, se não, coletado para posterior tratamento.

Quadro 16 – Potencialidades de estabelecimento de Simbiose Industrial setores metálicos

Empresa	Material	Oportunidade Identificada	Literatura	Potencial Parceria Local	Próximos passos
FF01	Resíduo orgânico (ETA)	Utilização fabricação produtos cerâmicos (artesanais e industriais).	Silveira e Araújo (2017); Paixão et. al (2008).	>10	a) Estudo das propriedades do material para aplicação nas empresas e/ou no artesanato local.
FF02/ME01	Emulsão (óleo de aditivos)	Tratamento local de efluentes contaminados com óleo.	Silva et al (2013) e Lima et. al (2016).	ND	a) Estudo das propriedades do material para viabilidade de tratamento local; b) Mapeamento de outras unidades que produzem efluentes semelhantes que podem ser tratados com técnicas semelhantes e mesma tecnologia.
	Borra	Tratamento local da substância.	–	ND	a) Estudo das propriedades do material para viabilidade de tratamento local; b) Mapeamento de outras unidades que produzem resíduos semelhantes que podem ser tratados com técnicas semelhantes e mesma tecnologia.
FF03	Metal	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Óleo	Coleta seletiva e venda para empresas que tratam ou utilizam em seus processos industriais.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
FF04	Metal	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Óleo	Coleta seletiva e venda para empresas que tratam ou utilizam em seus processos industriais.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Emulsão (óleo de aditivos)	Tratamento local de efluentes contaminados com óleo.	Silva et al (2013) e Lima et. al (2016).	ND	a) Estudo das propriedades do material para viabilidade de tratamento local; b) Mapeamento de outras unidades que produzem efluentes semelhantes que podem ser tratados com técnicas semelhantes e mesma tecnologia.

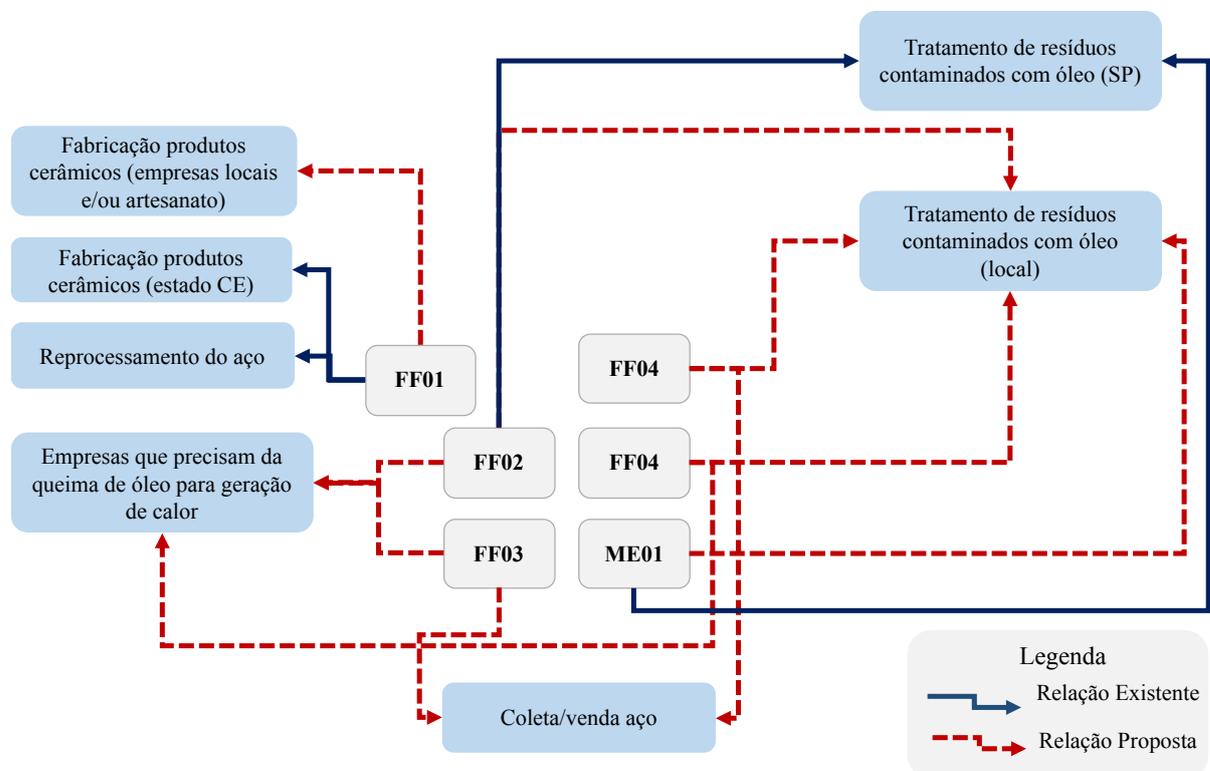
FF05	Emulsão (óleo de aditivos)	Tratamento local de efluentes contaminados com óleo.	Silva et al (2013) e Lima et al. (2016).	ND	a) Estudo das propriedades do material para viabilidade de tratamento local; b) Mapeamento de outras unidades que produzem efluentes semelhantes que podem ser tratados com técnicas semelhantes e mesma tecnologia.
------	----------------------------	--	--	----	---

Fonte: o autor (2019).

O setor de materiais metálicos, engloba diversas potencialidades, foram evidenciados vários eco parques (que desde a etapa de planejamento) incorporam este tipo de empresa como recebedora/fornecedora de materiais nos ecossistemas industriais. São eles: parque de Harjavalta (Finlandia), Dunkerque (França), Dudelange (Luxemburgo), Worshire (Reino Unido), Shenyang (China), Fairless Hills (EUA) (FOEN, 2014).

Diante do exposto, a figura 26 apresenta as relações caracterizadas como de SI existentes e as propostas, com base na observação *in loco* e aspectos da literatura estudados.

Figura 26 – Relações simbióticas existentes e propostas para as empresas estudadas do ramo de ferro e outros metais e materiais elétricos



Fonte: o autor (2019).

As relações propostas para o cenário de Teresina, neste setor, requerem uma iniciativa do desenvolvimento de tecnologia local (parceria com universidades e/ou centros de pesquisa)

ou aquisição de tecnologia para tratamento local das emulsões com óleo. Esta unidade pode fomentar o desenvolvimento de tecnologia local e/ou se apresenta como fonte geradora de renda e emprego. Além do atendimento das empresas estudadas, outras do mesmo setor, da capital e do interior, podem ter este tipo de efluente tratado por esta unidade.

5.4 Ramo de produtos plásticos e gráficos

A produção de artefatos plásticos e de borracha, assim como a indústria gráfica são atividades relevantes para a economia local. A produção de sacos e sacolas plásticas concentra-se no distrito industrial sul de Teresina-PI, assim como as empresas que fabricam produtos a partir de borracha. A indústria gráfica piauiense é uma das maiores do nordeste brasileiro. Concentrada na região centro-norte da cidade de Teresina, é majoritariamente constituída por empresas de pequeno e médio porte (CHAVES, 2018).

Para esta pesquisa, foram visitadas quatro empresas destes seguimentos, duas que produzem artefatos de plásticos e duas indústrias gráficas; sendo que, uma delas é especializada na impressão de sacos e sacolas, e localizada junto à uma das empresas do ramo plástico. O quadro 17 aponta os principais aspectos com relação à gestão destas empresas, a figura 27 apresenta os resultados do cálculo da potencialidade para cada uma das unidades estudadas.

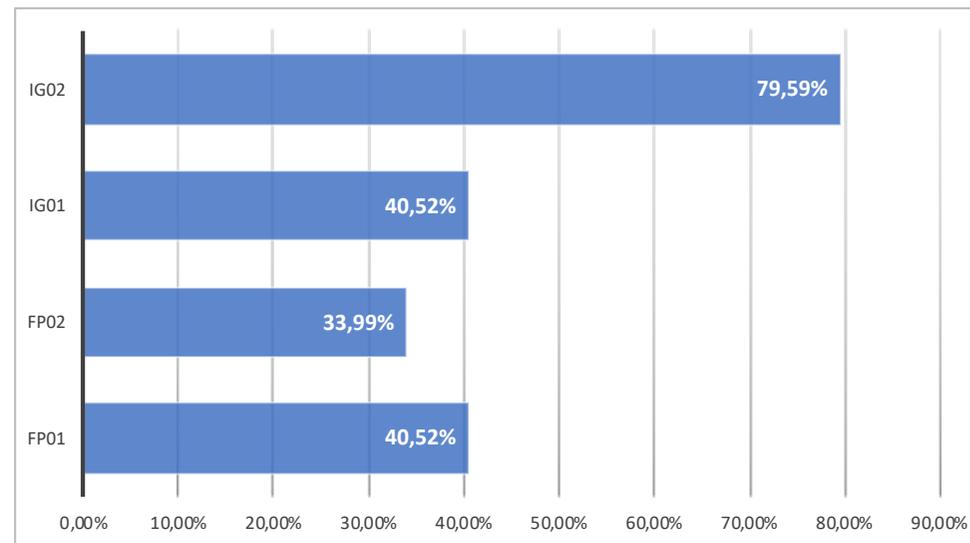
Na amostra estudada, as empresas tem predominantemente estilo de gestão *top down*, ou seja, o conjunto de decisões relacionadas ao sistema de produção é restrito aos diretores e empresários. Em três das empresas, o portfólio dos produtos é em conformidade com a capacidade dos equipamentos (*based on resources*) e em apenas uma, é feita adequação do sistema de produção de acordo com as necessidades dos consumidores e demandas de mercado (*marketing in*).

O estudo de potencialidade de SI para os setores em estudo resultou em 37,25% para o setor de plásticos e 61,08% para o setor gráfico. As duas empresas de produção de plásticos visitadas têm um setor de reaproveitamento das aparas de corte e de eventuais produções defeituosas. Nesta unidade, o material reprocessado é transformado em resinas (processo de extrusão) que são utilizadas novamente no processo produtivo. Apesar dos gestores consultados afirmarem que não são gerados resíduos nesse processo, é importante considerar o consumo de energia elétrica e outros materiais.

Quadro 17 — Características das empresas estudadas do ramo plástico e indústria gráfica

Empresa	Função Produção	Ambiente de Produção	Estratégia de Produção Maj.	Estratégia de Produção Coadj.	Zona Cidade	Quantidade de Funcionários	Porte	Período de atividade (anos)
FP01	Fabricação de sacos e sacola	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	D. I. Sul	30	Pequena	22
FP02	Fabricação de sacos e sacola	<i>Make to Stock (MTS) / Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	D. I. Sul	25	Pequena	30
IG01	Impressão de sacos e sacolas	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	D. I. Sul	30	Pequena	22
IG02	Impressos em geral	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Marketing in</i>	Sul	225	Média	28

Fonte: o autor (2019).

Figura 27 – Potencialidade de Simbiose Industrial por empresa – Setor de plásticos e gráfico

Fonte: o autor (2019)

Das duas empresas gráficas pesquisadas, uma (de pequeno porte) tem processo de produção predominantemente manual; e a outra, automatizado e gestão de processos de produção computadorizados e mão de obra qualificada, departamento específicos controle de temperatura e ações para redução de geração de resíduos na fonte.

As empresas FP01 e IG01 ocupam o mesmo espaço físico e compartilham gerência, setor comercial e supervisão, uma vez que o galpão das atividades industriais tem uma linha de extrusão de plásticos e uma segunda linha de impressão e corte de sacolas. A empresa atende pedidos de sacos plásticos com e sem impressão, a atividade gráfica designa outro registro na Classificação Nacional de Atividades Econômicas, e também é outro o registro de pessoa jurídica. Em auditoria recente, foi indicada a necessidade de isolamento físico das duas unidades produtivas por uma parede.

O processo de produção da empresa FP01 inicia em um equipamento de extrusão, em que é utilizado polietileno virgem e aditivos (pigmentos), além das aparas reprocessadas na empresa. A empresa possui duas extrusoras, com capacidade de processamento de 1.300 kg e 850 kg, sendo que de 5% a 20% do total destes materiais são aditivos, dependendo da especificação do produto. As saídas desse processo são: filme plástico, aparas e o “osso”⁶. As aparas são reprocessadas na própria unidade, enquanto os “ossos” não tem destinação adequada, uma vez que o moinho da empresa não tem capacidade para processar/triturar esse material.

Na linha de impressão são inseridos: o filme produzido na etapa anterior, tinta, solvente e retardador⁷. Após a impressão, são obtidas a bobina impressa, as aparas de acerto, borra de tinta⁸ (20 kg/dia), borracha utilizada para vedação e ajuste dos rolos (de PCV e borracha), panos sujos de tinta e as lâminas de alumínio (30 kg/mês). A borra de tinta é armazenada em tanques de 160 kg e enviada para aproveitamento em uma empresa de Fortaleza-CE, o custo desta atividade pode ser aumentado se for verificado que a borra não está em condições de reaproveitamento e precisar ser incinerada.

Na sequência, o plástico estampado é direcionado para a máquina de corte, onde são retiradas as aparas e realizado o recorte da alça da sacola. Em média, são gerados 350 kg mensalmente, todo este volume é encaminhado para a unidade de reaproveitamento da empresa.

⁶ Aparadas da formação do balão de extrusão, geralmente de larga espessura que se assemelha ao formato de um osso humano ou animal.

⁷ Aditivo utilizado para retardar o processo de secagem da tinta, ele auxilia o funcionamento da máquina de impressão evitando entupimentos e também conferindo brilho a estampa.

⁸ Resto de tinta misturada com solvente.

Quando o filme plástico não precisa receber impressão, é direcionado apenas para a etapa de corte, onde as aparas são classificadas como virgens. Aparas dos sacos plásticos que passaram pelo processo de impressão (aparas de segundo tipo), são reaproveitadas com a utilização de aditivos. Também, são saídas do processo produtivo: tarugos de papelão e PVC, que são cortados e não tem reaproveitamento.

Na linha de retrabalho, é um departamento da empresa em que são reprocessadas todas as saídas plásticas. As aparas e sobras são trituradas, extrudadas e cortadas, tomando novamente o aspecto da matéria-prima inicial (resinas). Diariamente, são reciclados de 600kg a 800kg de material que são utilizados no mesmo processo produtivo. São processados separadamente filmes com cores distintas e material virgem e de segundo tipo.

Desta atividade, também, são descartados filtros de alumínio (telas), utilizados nas extrusoras para reter sujeiras dos materiais. Sempre que possível, o operador limpa o filtro com auxílio de um maçarico, mas este é reutilizado apenas uma vez e não tem destinação adequada.

Apesar de ter um departamento de reaproveitamento de materiais, ainda não existe um sistema de gestão ambiental ou atividades mais efetivas para a mitigação dos impactos ambientais gerados pela empresa. A linha de reprocessamento opera não para evitar a deposição inadequada de materiais plásticos, mas para a retroalimentação do processo produtivo.

Percebeu-se, durante a pesquisa, que não existe uma preocupação com a geração das aparas nem com as ordens de produção que precisam ser refeitas por erros no processo produtivo, uma vez que não atrasem os prazos dos pedidos. Percebe-se que mesmo com o funcionamento diário da unidade de reprocessamento, ainda são altos os estoques de aparas e refugos de produção aguardando retrabalho.

A partir do escopo metodológico da pesquisa, a análise dos critérios de potencialidade de SI as empresas FP01 e IG01 alcançaram o valor de 40,56% uma vez que é realizado retorno de materiais para reprocessamento, tem materiais com potencial para estabelecimento de relações simbióticas, apesar de ainda ter que avançar em atividades e iniciativas que atuem na diminuição da geração de resíduos. Também são recomendadas ações para o início de um monitoramento ambiental das atividades.

A empresa FP02 tem mais 30 anos de atuação no mercado na produção de sacos e sacolas lisos (sem impressão). Os seus principais clientes são da grande Teresina. A fábrica funciona em três turnos de oito horas, possui com seis funcionários por turno.

A fábrica recebe polietileno, principal matéria prima da produção dos sacos e sacolas. O processo consiste nas etapas de extrusão, corte e solda. Na etapa de extrusão, o polietileno e aditivos são misturados, aquecidos e extrusados, formando um balão que resfriará e dará origem as futuras embalagens plásticas. Esta empresa possui duas extrusoras, ambas têm um processo de resfriamento de equipamento utilizando água, as duas máquinas compartilham um sistema de circulação de água com uma torre de resfriamento. Na etapa de extrusão saem aparas e o “osso”.

Na etapa de corte, as sacolas e sacos ganham a forma, são soldadas e retiradas as aparas das alças, quando o caso. Todo material recolhido, inclusive os “ossos” são retrabalhados em uma linha de reprocessamento de plástico com capacidade de 2.000kg por dia. A linha de reprocessamento apresenta um sistema de circulação de água com uma torre de resfriamento.

Foram observados materiais utilizados para manutenção, contaminados de óleo e graxa dispostos de maneira aleatória na fábrica. Não existe segregação destes materiais, nem uma sistemática de coleta dos óleos substituídos dos conjuntos moto redutores ou utilizados em outros equipamentos. Os filtros de alumínio em forma de tela utilizados para retenção de sujidades também são descartados, assim como materiais elétricos e mecânicos da oficina de manutenção.

A unidade tem uma disposição física dos equipamentos e materiais funcional, os materiais para reprocessamento e matéria prima são estocados de maneira organizada em área coberta atrás do galpão da fábrica. Observou-se a não utilização de EPIs. A empresa não tem um controle formal de aspectos de produção, qualidade e meio ambiente. A fábrica não vem enfrentando problemas com clientes por questões de falta de padronização dos produtos finais por ter operadores com muito tempo na função e experiência nos processos de extrusão e controle operacionais de corte e solda. Aspectos ambientais não são pautas das ações da organização.

Com avaliação dos critérios das dimensões investigadas na pesquisa, a empresa alcança o valor de 33,99% de potencialidade de estabelecimento de SI. Apesar dos aspectos de retorno de subprodutos para o processo produtivo e tratamento de alguns dos seus subprodutos, existe uma falsa impressão de que não existem prejuízos com relação a geração de resíduos, causada pela grande quantidade de processamento destes.

As empresas na faixa de percentual alcançado pela FP02 indicam que esta faz o reaproveitamento interno de alguns dos seus materiais, mas tem reais oportunidades no

gerenciamento destes, precisando dar passos em direção a segregação correta dos materiais e atuando na fonte geradora de subprodutos, para que estes tenham sua produção reduzida, ou até mesmo eliminada.

A empresa IG02 tem mais de 30 anos de atuação no mercado, contando com mais de 200 colaboradores e funciona durante três turnos. Produz livros, folders, cartazes, embalagens e produtos gráficos em geral. Com um largo portfolio de clientes e de produtos, fornece material para grandes grupos comerciais e educacionais no país.

O processo de produção é dividido em programação, preparação das chapas, impressão e acabamento. A unidade não realiza o processo de criação. Assim que o material do cliente é recebido, são preparadas as chapas de impressão em alumínio, estas são vendidas após o uso, ou reaproveitadas apenas em atividades de reimpressão. O papel utilizado é adquirido em grandes rolos diretamente dos produtores, o corte é realizado na própria empresa de acordo com as necessidades dos pedidos dos clientes.

O setor de impressão é semi-automatizado, a limpeza deste sistema acontece quinzenalmente, onde são gerados 2000 litros de efluente, estes são armazenados e coletados por uma empresa responsável pela gestão deste material.

O sistema de planejamento de corte automatizado, reduz a perda de papel para no máximo 0,05% de todo o total de papel processado, semanalmente são impressas quantias entre 350 a 700 toneladas de papel, ou seja, são gerados entre 17,5 e 35 toneladas de aparas de papel semanalmente. Estas são armazenadas em um container do lado de fora da produção e transportados para um galpão próximo a unidade onde a empresa parceira responsável pelo tratamento, faz a segregação inicial para o transporte para a unidade de reciclagem.

Da mesma forma são segregados e tratados plásticos e borrachas advindos das embalagens de tintas, solventes e materiais acessórios. Os óleos dos motores e dos equipamentos mecânicos são utilizados para lubrificação das molas de uma empresa.

A empresa IG02 possui um sistema de gestão da qualidade implantado e uma política ambiental declarada, também possui certificação da *Forest Stewardship Council* (FSC), que substitui a certificação ISO 9001, que possuiu anteriormente. O controle da geração de resíduos se dá pela equipe de produção em parceria com a empresa que faz o tratamento destes. Foi informado que, são exigidos certificados de destinação final dos resíduos para operações de compra e venda.

O potencial de SI alcançado pela empresa é de 79,59%, um dos melhores alcançados entre as unidades produtivas pesquisadas nesta pesquisa. Este aponta que a empresa já se encontra inserida em cenários que possam ser caracterizados como SI, e possui um sistema de gestão que não visa apenas ganhos financeiros. A exigência de clientes e fornecedores, além do desejo dos diretores em ter uma empresa que seja referência na área são as principais motivações para fazer com que a IG02 trate de maneira criteriosa o tratamento dos seus resíduos e aspectos de gestão ambiental.

O quadro 18, apresenta os principais resíduos e efluentes gerados pelas quatro empresas analisadas nos setores deste tópico e suas destinações. Observa-se que boa parte dos materiais tem destinação, mas a maioria deles é recolhido para tratamento em unidades fora da cidade e do estado. A presença de recicladoras capazes de absorver estas demandas e aptas para emitir certificação de destinação final, iria fomentar a economia local, diminuir os custos logísticos com transporte dos materiais e oportunizar que outras empresas gráficas utilizem o serviço.

Os materiais gerados por estes setores são tratados, em sua maioria fora do estado, o que leva as empresas estudadas a terem um custo de envio dos materiais que nem sempre supera a receita gerada com sua venda, em outros casos, os resíduos são devolvidos, mesmo sem perspectiva de ganho financeiro, apenas para a adequada destinação do sub produto e a não geração de passivos ambientais.

Vale ressaltar, que unidades locais de tratamento destes resíduos, além de serem empreendimentos que gerariam empregos, também facilitariam o acesso ao tratamento devido dos materiais de fábricas menores, que talvez não tem escala suficiente para contratação dos serviços terceirizados de reciclagem de fora do estado. Este empreendimento de tratamento de resíduos também poderia ser o *driver* do processo logístico para incluir pequenas e médias empresas no seu portfólio de clientes.

Estas propostas, como vantagens para o estabelecimento de SI nestas empresas, assim como outras, tratando das barreiras existentes e as motivações atuais para as atividades das empresas, são elucidadas no quadro 19.

Quadro 18 – Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de plástico e gráfico

Empresa	Material					Considerações
		Venda (Reciclagem)	Venda ou Relação SI	Reprocessamento (interno)	Destinação inadequada	
FP01	Aparas de acerto (plástico)			X		
	Telas alumínio				X	
	Tarugo Papelão				X	
	Tarugo PVC				X	
FP02	"Osso" (apara de plástico)				X	
	Aparas plástico			X		
IG01	Aparas de acerto com pigmento (plástica)			X		
	Laminas alumínio				X	
	Telas alumínio				X	
	Borra de tinta	X				Empresa de SP
	Tarugo Papelão				X	
	Tarugo PVC				X	
IG02	Borrachas para vedação				X	
	Aparas de papel	X				Empresa de SP
	Emulsão	X				Empresa de SP
	Óleo			X		
	Chapas de alumínio	X				Empresa no NE.

Fonte: o autor (2019)

Quadro 19 - Barreiras e motivações para práticas de compartilhamentos de subprodutos nas indústrias do ramo de plástico e gráfico

Empresa	Barreiras	Motivações para práticas atuais	Motivações para adoção de outras práticas de SI
FP01	<p>a) Empresas locais que tratem alguns resíduos gerados pela unidade;</p> <p>b) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos;</p> <p>c) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental;</p> <p>d) Custo do envio dos materiais não tratados em Teresina.</p>	<p>a) Volume de resíduos gerados (tratados os que são gerados em maior quantidade);</p> <p>b) Fiscalização deficiente;</p> <p>c) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.</p>	<p>a) Contribuição para economia local;</p> <p>b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;</p> <p>c) Adequação da empresa quanto ao gerenciamento de resíduos classe I.</p>
FP02	<p>a) Empresas locais que tratem alguns resíduos gerados pela unidade;</p> <p>b) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos;</p> <p>c) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental;</p>	<p>a) Volume de resíduos gerados (tratados os que são gerados em maior quantidade);</p> <p>b) Fiscalização deficiente;</p> <p>c) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.</p>	<p>a) Contribuição para economia local;</p> <p>b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;</p>
IG01	<p>a) Empresas locais que tratem alguns resíduos gerados pela unidade;</p> <p>b) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos;</p> <p>c) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental;</p> <p>d) Custo do envio dos materiais não tratados em Teresina.</p>	<p>a) Ausência de perspectiva de geração de receita por iniciativas ambientais;</p> <p>b) Fiscalização deficiente;</p> <p>c) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.</p>	<p>a) Geração de receita;</p> <p>b) Contribuição para economia local;</p> <p>c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;</p>
IG02	<p>a) Empresas locais que emitam certificado de destinação final;</p> <p>b) Empresas locais que tratem resíduos gerados pela unidade;</p>	<p>a) Manutenção da certificação alcançada;</p> <p>b) Adequação de cumprimento da política ambiental;</p> <p>c) Alto volume de resíduos gerados;</p> <p>d) Necessidade dos certificados de destinação final para relações comerciais;</p> <p>e) Perspectiva de geração de receita.</p>	<p>a) Contribuição para economia local;</p> <p>b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;</p>

Fonte: o autor (2019).

Assim como em outros setores estudados nesta pesquisa, a falta de perspectiva de geração de receita está presente entre os motivos considerados como barreiras para o estabelecimento de SI, mas é expressivo ainda a necessidade da emissão do certificado de destinação final das unidades receptoras dos resíduos, aspecto que não é oferecido pelas empresas locais. Para alguns outros produtos,

Em consulta, os gestores das empresas do setor de plásticos informou que apesar da capacidade de produção do ramo em Teresina, este se encontra ameaçado por empresas do sudeste, que envia representantes comerciais para angariar os pedidos, que são entregues em um *lead time* maior, mas com um preço abaixo do fornecido pelo mercado local (mesmo com o frete). Os gestores locais informam que atender os pedidos em curtos espaços de tempo vem sendo a estratégia para se manterem no mercado.

Neste cenário, a redução com custos logísticos de envio dos resíduos, assim como a geração de receita (para as empresas que ainda não dão a destinação adequada) podem ser possibilidades para a redução dos custos operacionais e fazer com que o produto local possa concorrer melhor os das grandes empresas concorrentes do sudeste do país.

Para as empresas FP01 e IG01, recomenda-se que após implantação do sistema de qualidade e ferramentas de produção mais limpa, observe-se o potencial da empresa em receber resíduos plásticos de empresas menores para tratamento, e utilização destes no processo produtivo. Dependendo do volume de reaproveitamento, pode ser estudada a possibilidade de venda deste material.

Por meio da observação em loco, percebe-se que o volume de “osso” produzido por esta fábrica é superior comparado a outras fábricas do segmento. O nascente programa de controle de qualidade, treinamento dos operados e ajustes nos equipamentos podem reduzir as peças de “osso” para estruturas mais finas que poderão ser trituradas na unidade de reprocessamento.

A principal potencialidade de SI observada nesta empresa é o seu setor de reprocessamento de materiais, este tem uma capacidade muito acima da necessitada pela fábrica. Por ter um bom dimensionamento e boa potência, pode triturar as aparadas do balão do processo de extrusão (“osso”). Esta estrutura pode ser compartilhada com outras empresas do setor, inclusive as estudadas nesta pesquisa, e/ou outras que precisem reprocessar aparas plásticas para introdução como aditivo ou venda.

Para a empresa IG02, existe a necessidade de unidades locais que tenham tecnologia e escala de processamento para o tratamento dos seus resíduos, além da emissão de certificado de destinação de materiais. Este e outros aspectos, as relações potenciais de SI estão listadas no quadro 20, a possibilidade do estabelecimento destas parcerias locais e os próximos passos necessários para cada empresa. As atividades que podem ser consideradas como práticas de SI e as propostas por estudo, estão representadas de forma gráfica na figura 28.

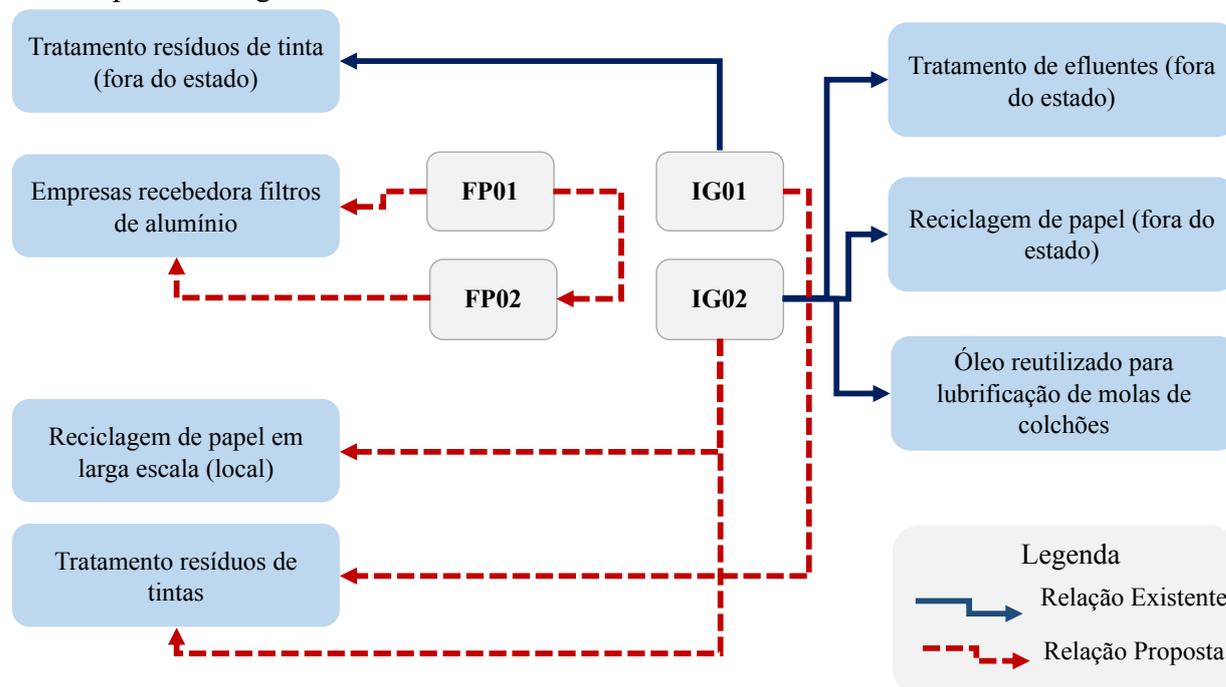
Diversos eco parques industriais planejados, tem as atividades de processamento de plásticos em suas atividades de SI, como o de Deuz e Havre Industrial-Habour Park na França; Chempark, Dow Valuepark, e Oberbrucj Gertshofen na Alemanha. Nestes últimos ressalta-se o sistema logístico para coleta e envio dos materiais nas empresas envolvidas. Os parques de Vatva e Najangud, na Índia, de Londoderry nos EUA e a Eco-Town Minamata no Japão, onde a integração da simbiose industrial e urbana, também inclui resíduos plásticos gerados pela população, para o tratamento conjunto com os outros plásticos gerados pelas empresas (FOEN, 2014).

Quadro 20 –Potencialidades de estabelecimento de Simbiose Industrial setores de plásticos e gráfico

Empresa	Material	Oportunidade Identificada	Literatura	Potencial Parceria Local	Próximos passos
FP01/IG01	Telas alumínio	Coleta do material no setor e envio para unidade de reprocessamento.	–	>5	a) Coleta seletiva; b) Seleção da parceria.
	Tarugo Papelão	Equipamento capaz de triturar tarugo de papelão para posterior aproveitamento do papel.	–	<5	a) Coleta seletiva; b) Seleção da parceria.
	Tarugo PVC	Unidade de processamento capaz de triturar o tarugo de PVC.	–	ND	a) Coleta seletiva; b) Seleção da parceria.
	Borrachas para vedação	Processamento para empresas locais.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção da parceria.
FP02	"Osso" (apara de plástico)	Unidade de processamento capaz de triturar peças de plásticos mais densos.	–	ND	a) Coleta seletiva; b) Seleção da parceria.
IG02	Aparas de papel	Empresa local para tratamento da quantidade gerada de papel.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção da parceria.
	Emulsão	Unidade de tratamento local.	Silva et. al (2010) e; Maier e Cruz (2014).	ND	a) Fomento para iniciativa; b) Coleta sistemática deste tipo de resíduo em outras empresas do setor.

Fonte: o autor (2019).

Figura 28 – Relações simbióticas existentes e propostas para as empresas estudadas do ramo de plásticos e gráfico



Fonte: o autor (2019).

As relações propostas para este setor ressaltam a necessidade de empreendimentos locais para o tratamento de materiais gerados nas instalações industriais da cidade. A presença destas unidades podem reduzir o custo associado ao envio dos resíduos para as unidades de tratamento.

5.5 Ramo de móveis e artefatos de madeira

Do ramo de móveis e artefatos de madeira, foram analisadas quatro empresas. Nesta pesquisa, percebeu-se que o segmento moveleiro em Teresina encontra-se em diferentes níveis dependendo da unidade produtiva. Observou-se desde empresas que trabalham com grandes escalas de produção no corte e preparo da madeira, até a produção de móveis planejados. Outras pesquisas apontam uma realidade menos estruturada do setor, com pequenas empresas, parte delas trabalhando na reforma de móveis (SILVA; MOITA NETO, 2010). Partindo destas informações, infere-se que o setor se encontra de forma heterogênea com relação à gerenciamento das atividades, utilização de tecnologias e etc.

Nesta investigação, a amostra compreendeu três fábricas de móveis planejados, que suprem necessidades de pessoas físicas e jurídicas (lojas, escritórios, empresas). Uma outra empresa, fabrica artefatos personalizados de madeira para lembranças e decoração. Estas observações nos fazem considerar uma tendência de aumento do fornecimento de produtos

personalizados. O quadro 21 apresenta alguma das principais características das empresas estudadas deste setor.

Este setor, alcançou o valor de 33,12% de potencialidade de SI, resultado abaixo da média em comparação a outros setores pesquisados, isto se dá pela não destinação adequada dos principais resíduos gerados pelas empresas. A figura 29, apresenta os valores individuais de potencialidade de SI das empresas estudadas neste setor.

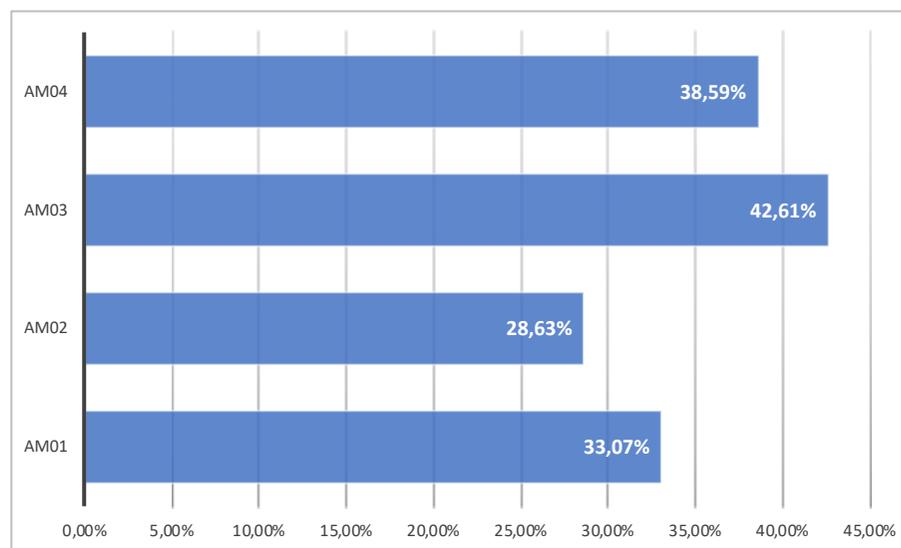
A empresa AM01 atua na produção de móveis planejados. Seus principais clientes são empresas, lojas e redes de franquias. Os gestores entendem e encaram a qualidade do produto final como um dos seus diferenciais. Contando com uma estrutura enxuta, uma sistemática de criação e, planejamento e controle da produção bem alinhados, AM01 procura atender seus principais clientes com pontualidade e produtos com excelência operacional.

Os principais resíduos gerados pela empresa são os retalhos de MDF e madeira, e pó de serragem. A unidade conta com containers para segregação dos resíduos, mas dá destinação inadequada para eles. Ao ser consultado sobre o assunto, o gestor informou que tem ciência da importância da destinação correta dos materiais, mas por uma questão de articulação e prioridade, hoje não designa pessoas ou esforços para tal.

Quadro 21 - Características das empresas estudadas do ramo plástico e indústria gráfica

Empresa	Função Produção	Ambiente de Produção	Estratégia de Produção Maj.	Estratégia de Produção Coadj.	Zona Cidade	Quantidade de Funcionários	Porte	Período de atividade (anos)
AM01	Móveis planejados	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Marketing in</i>	Sul	12	Pequena	15
AM02	Artefatos de madeira	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Marketing in</i>	<i>Based on resources</i>	Centro	7	Micro	3
AM03	Fabricação de móveis	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sudeste	55	Pequeno	20
AM04	Fabricação de móveis	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Marketing in</i>	Sul	45	Médio	9

Fonte: o autor (2019).

Figura 29 – Potencialidade de Simbiose Industrial das empresas estudadas do ramo de móveis e artefatos de madeira

Fonte: o autor (2019).

O gestor informou também que já fez parceria com produtores do polo cerâmico de Teresina, o pó e os retalhos eram enviados para a queima nos fornos para produção dos produtos cerâmicos. Mas a prática foi descontinuada por conta do custo de envio do material. Este informou também que se esta atividade fosse realizada por mais de uma empresa do setor, tendo algum membro externo como articulador, ficando sua empresa responsável apenas pela segregação e acondicionamento dos resíduos até a coleta, que ele tem interesse em participar de atividades como esta.

Durante a pesquisa, este também comentou sobre seu conhecimento e interesse na fabricação briquetes, e da ciência do valor agregado deste e do seu desempenho calorífico. A empresa AM01 já tentou adquirir uma briquetadeira, mas abandonou o projeto por não ter geração suficiente de resíduos para compensar a aquisição do equipamento, e que este ficaria a maior parte do tempo ocioso.

Pela falta de articulação e modo como os materiais e processos são geridos, AM01 alcança o valor percentual de 33,07% de potencialidade de SI. Durante a realização da pesquisa, a empresa realiza apenas realiza a tarefa de separação dos resíduos.

A empresa AM02, produz lembranças e artigos personalizados de MDF para eventos e decoração. Contando com uma pequena equipe, os processos de fabricação geram aparas de MDF e pó. As aparas maiores são separadas e armazenadas na empresa para posterior reutilização. Como o sistema de produção da unidade é baseado nos pedidos dos clientes, e com curto prazo de entrega, as peças cortadas de MDF são inspecionadas e aproveitadas regularmente.

Os resíduos restantes são alocados em no lixo comum, nenhuma atividade ou plano de gerenciamento deste está contemplado nas atividades atuais da empresa. O gestor informou que algum organismo ou empresa que fizesse a articulação entre pequenas empresas para destinação adequada dos resíduos seria interessante, uma vez que compreende a importância de dar destinos corretos para os subprodutos e como eles podem alimentar outros processos produtivos.

A empresa AM03 fabrica móveis de escritório e escolares. Faz utilização de peças de madeira, metal e polímeros. Parte da produção é automatizada (corte das peças metálicas e cabine de pintura) e não foi observado a utilização de EPIs por parte de todos os trabalhadores.

Os principais resíduos gerados pela empresa são: aparas metálicas, pó e retalhos de MDF, óleo advindo dos equipamentos e pó de tinta, na cabine de pintura. Apenas os

subprodutos metálicos são segregados e vendidos. A empresa já compreende a possibilidade de geração de receita por esta atividade. A água contaminada gerada após a lavagem das peças metálicas antes da etapa de montagem é armazenada em reservatórios e colocadas ao relento, o gestor informou que após a água secar, é feita a retirada dos resíduos de metal e óleo que ficaram ao fundo do reservatório. Os resíduos de tinta (na forma de pó), gerados na câmara de pintura, são recolhidos, mas não recebem destinação adequada.

Diante destes aspectos AM03, pontua 42,61% de potencialidade de SI. A grande motivação da empresa atualmente é a geração de receita por parte do metal, mas não tem articulação para destinação e tratamentos de resíduos mais danosos ao meio ambiente como a água contaminada e o pó de tinta. Materiais como o papelão e plásticos são vendidos para catadores da comunidade.

A fábrica AM04, das unidades estudadas, é a que conta com equipamentos mais modernos e um sistema de planejamento e controle de produção mais estruturado. Fabrica móveis planejados instituições de ensino e empresas em geral. Conta com um portfolio de produtos, mas desenvolve sob encomenda. A fábrica passou por uma reforma nos últimos anos e adquiriu equipamentos mais modernos como braço de solda robotizado e equipamentos de corte de alta precisão, além de softwares para elaboração de planos de corte. A fábrica é limpa e funcional, os funcionários utilizam EPIs.

Motivados pela redução dos tempos de produção, a aquisição os equipamentos de produção automatizados, trouxe consigo também a economia de matéria prima e diminuição na geração de resíduos. O corte automatizado, além de criar os planos de corte com utilização quase total das peças de madeira, reduz a quantidade de retalhos gerados. O equipamento também conta com um aspirador de pó acoplado ao cabeçote que executa o corte, não deixando com que o ambiente fique sujo e o resíduo seja segregado.

Apesar destes aspectos que já fornecem um diferencial competitivo para a empresa, a gestão dos subprodutos pode ser melhorada. A falta de perspectiva de geração de receita e a de agregação de valor a este material, além da articulação para o reprocessamento deste material, são fortes razões para o comportamento atual da empresa frente a estas oportunidades. Diante disto, ao analisar o critérios de potencialidade de SI, AM04 alcança o valor de 38,59%, o que indica ainda a necessidade de dar passos com relação ao gerenciamento de resíduos, podendo já ser relações de SI, uma vez que a geração do principal resíduo tem ação para diminuição na fonte e o equipamento já faz a segregação do pó. O quadro 22 elenca as barreiras, as motivações

atuais e futuras para a prática de SI nas empresas estudadas neste setor. O quadro 23 aponta os resíduos gerados pelas empresas do setor e suas destinações, conforme apresentado.

Quadro 22- Barreiras e motivações para práticas de compartilhamentos de subprodutos nas indústrias do ramo móveis e artefatos de madeira

Empresa	Barreiras	Motivações para práticas atuais	Motivações para adoção de outras práticas de SI
AM01	a) Empresas locais que tratem alguns resíduos gerados pela unidade; b) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos;	a) Fiscalização deficiente;	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; c) Adequação da empresa quanto ao gerenciamento de resíduos; d) Possibilidade de geração de receita.
AM02	a) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos;	a) Baixo volume de resíduos gerados (entendimento de não agressão ao meio ambiente);	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;
AM03	a) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos; b) Lacuna de conhecimento e conscientização ambiental; d) Custo do tratamento e/ou envio de alguns materiais gerados;	a) Ausência de perspectiva de geração de receita por iniciativas ambientais; b) Fiscalização deficiente; c) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Possibilidade de geração de receita; b) Contribuição para economia local; c) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;
AM04	a) Empresas locais que emitam certificado de destinação final; b) Empresas locais que tratem resíduos gerados pela unidade;	a) Alto volume de resíduos gerados; b) Adequação de cumprimento de iniciativas ambientais; c) Perspectiva de geração de receita.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; c) Possibilidade de geração de receita.

Fonte: o autor (2019).

No ramo de fabricação de móveis e artefatos de madeira, duas das empresas pesquisadas expressaram o interesse de agregar valor aos seus subprodutos, e da importância do gerenciamento correto dos seus resíduos. Os gestores citaram que iniciativas que fomentem estas práticas em conjunto, especialmente entre micro e pequenas empresas, são de grande valia para a sustentabilidade e para otimização fluxo de materiais. Neste setor, assim como em outros estudados pela pesquisa, a ausência de unidades locais para o tratamento de resíduos como emulsão de água e óleo, dificulta o tratamento destes efluentes por parte das empresas.

Quadro 23 – Resíduos gerados pelas empresas estudadas do setor de móveis e artefatos de madeira

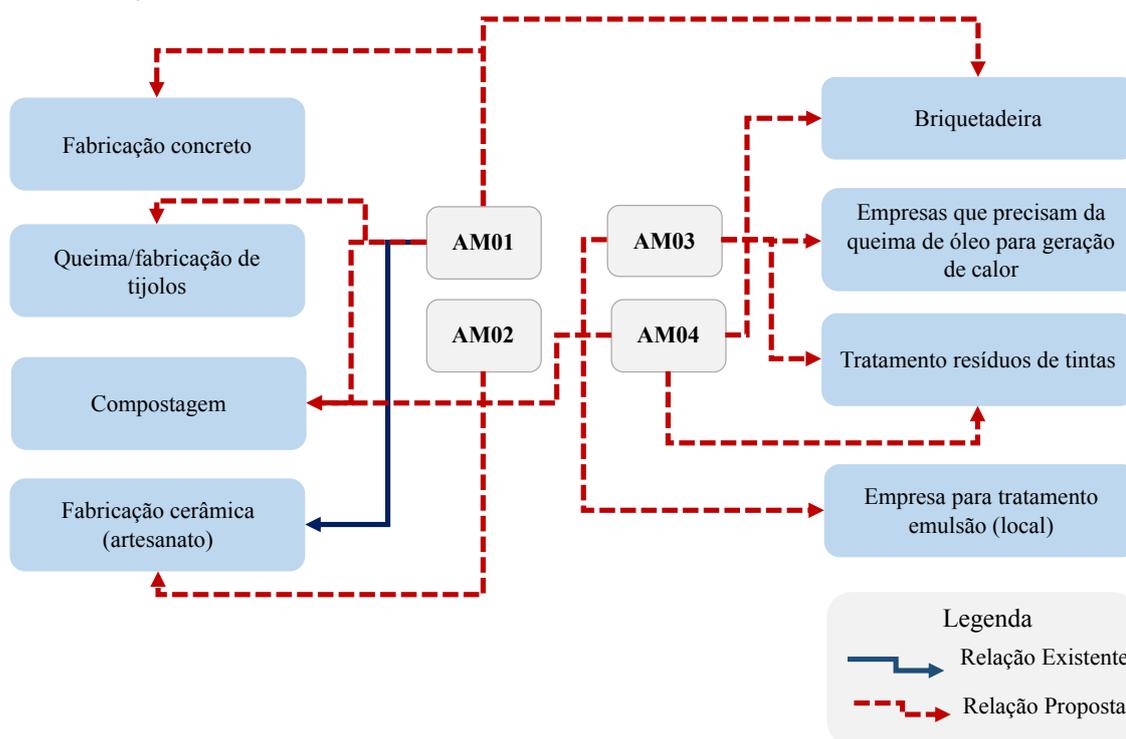
Empresa	Material	Destinação		
		Aterro	Venda (Reciclagem)	Destinação inadequada
AM01	Pó de serragem			X
	Aparas de madeira e MDF			X
	Plásticos		X	
	Papelão		X	
AM02	Aparas de MDF			X
	Pó de serragem			X
AM03	Óleo			X
	Aparas de metal		X	
	Aparas de MDF	X		
	Pó de serragem	X		
	Água contaminada			X
	Pó de tinta			X
	Plásticos		X	
Papelão		X		
AM04	Aparas MDF	X		
	Pó de serragem	X		
	Plásticos		X	
	Papelão		X	
	Restos de tinta			X
	Aparas de metal		X	

Fonte: o autor (2019).

Sobre as relações que podem ser estabelecidas a partir das empresas deste setor, são várias. Das aparas de MDF, sugere-se o envio para formação de briquetes (GURDIL e DEMIREL, 2017; NIEDZIOLKA et. al, 2018; MARTINEZ et. al 2019). Pela ausência de uma unidade para este tipo de processamento, uma das empresas do setor poderia estar sendo a unidade *driver*⁹ deste processo. Outras iniciativas poderiam estar sendo feitas para articular as empresas do setor, para em ação conjunta fazer o recolhimento dos retalhos, e reprocessar para formação dos briquetes.

A figura 30, condensa, de maneira gráfica as relações já existentes e as práticas de SI propostas para as quatro empresas estudadas neste setor. O quadro 24, resume as práticas que podem ser adotadas em cada uma das unidades estudadas. empresas estudadas e por outras do setor, a partir da devida avaliação de necessidades e capacidade de suprimento destas.

Figura 30 – Relações simbióticas existentes e propostas para as empresas estudadas do ramo fabricação de móveis e artefatos de madeira



Fonte: o autor (2019).

⁹ Termo utilizado para designar empresa motivadora de alguma prática, entre as outras do mesmo setor ou da mesma região.

Quadro 24 –Potencialidades de estabelecimento de Simbiose Industrial no setor de fabricação de móveis e artefatos de madeira

Empresa	Material	Oportunidade Identificada	Literatura	Potencial Parceria Local	Próximos passos
AM01	Pó de serragem	Fabricação de concreto, compostagem, queima de tijolos e/ou composição de tijolos.	Filho et. al (2017); Moragno, Trombin e Veina (2007); Júnior et. al (2004); Santos (2016)	>10	a) Segregação correta do material; b) Associação com outras empresas do ramo; c) Selecionar parceria.
	Aparas de madeira e MDF	Envio para briquetadeira	Martinez et. al (2019), Niedziolka et. al (2018); e Gurdil e Demirel (2017)	<5	a) Segregação correta do material; b) Associação com outras empresas do ramo; c) Instalação de unidade de briquetagem.
AM02	Aparas de MDF	Envio para briquetadeira		<5	a) Segregação correta do material; b) Associação com outras empresas do ramo; c) Selecionar parceria.
	Pó de serragem	Fabricação de concreto, compostagem, queima de tijolos e/ou composição de tijolos.	Filho et. al (2017); Moragno, Trombin e Veina (2007); Júnior et. al (2004); Santos (2016)	>10	a) Segregação correta do material; b) Associação com outras empresas do ramo; c) Selecionar parceria.
AM03	Óleo	Envio para empresas que utilizam para queima (geração de calor)	–	>5	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Água contaminada	Coleta para envio para tratamento da emulsão.	Silva et al (2013) e Lima et. al (2016).	ND	a) Fomento para iniciativa; b) Coleta sistemática deste tipo de resíduo em outras empresas do setor.
	Pó de tinta	Empresa que realize tratamento adequado	Souza (2009)	ND	
AM04	Aparas de MDF	Envio para briquetadeira	Martinez et. al (2019), Niedziolka et. al (2018); e Gurdil e Demirel (2017)	<5	a) Segregação correta do material; b) Associação com outras empresas do ramo; c) Instalação de unidade de briquetagem.
	Pó de serragem	Fabricação de concreto, compostagem, queima de tijolos e/ou composição de tijolos.	Filho et. al (2017); Moragno, Trombin e Veina (2007); Júnior et. al (2004); Santos (2016)	>10	a) Segregação correta do material; b) Associação com outras empresas do ramo; c) Selecionar parceria.
	Resíduos de tinta	Empresa que realize tratamento adequado	Souza (2009)	<5	a) Fomento para iniciativa; b) Coleta sistemática deste tipo de resíduo em outras empresas do setor.

Fonte: o autor (2019).

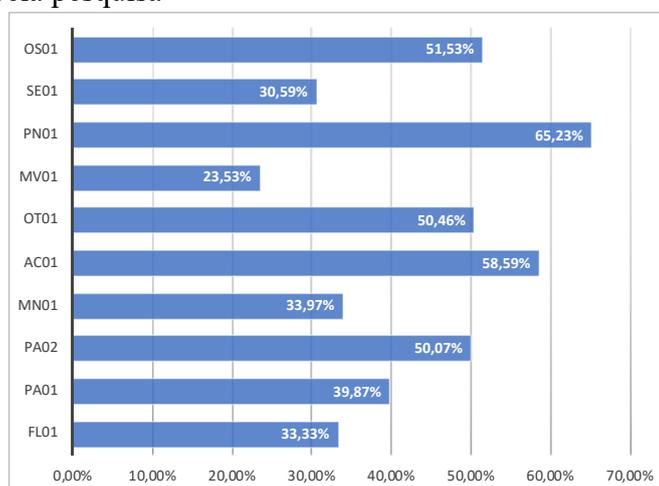
O pó de serragem, gerado pela maior parte das empresas do setor, pode ter mais de uma outra aplicação que compreenderá uma prática de SI: utilização como agregado para fabricação de concreto (FILHO et. al, 2017), compostagem (MARGNO; TROMBIN; VIENA, 2007), utilização para queima em fornos para fabricação de produtos cerâmicos (JÚNIOR et. al, 2004) e/ou composição na fabricação de tijolos (SANTOS, 2016). Infere-se que estas podem ser executadas por outras empresas com atividades semelhantes às fábricas estudadas. Mais de uma dessas opções podem ser adotadas pelas

Assim como para o tratamento dos resíduos de madeira e MDF, a cooperação para coleta e destinação de subprodutos como resíduos de tinta, pode ser economicamente viável para as empresas, o envio conjunto dos materiais para as empresas que trabalham com estes produtos, reduz o valor do frete e pode tornar a prática viável para pequenas e médias empresas. Os resíduos de óleo, assim como em outros setores estudados, podem ser coletados e enviados para empresas que o utilizam como combustível para queima e/ou para tratamento. As duas iniciativas tem suporte local, mas apenas a segunda tem instituições que emitem o certificado de destinação final.

5.6 Demais representações da indústria de Teresina

Os demais segmentos estudados por esta pesquisa, compreendem um grupo de dez empresas com diferentes ramos de atuação e potencialidades. Este último conjunto de unidades compreende fábricas e unidades prestadoras de serviços conforme a classificação da FIEPI (2014) utilizada. O quadro 25, apresenta um resumo das principais atividades e características destas empresas enquanto a figura 31, apresenta a potencialidade SI individual para cada empresa.

Figura 31 - Potencialidade de Simbiose Industrial das empresas estudadas dos demais setores abordados pela pesquisa



Fonte: o autor (2019).

Quadro 25 - Características das empresas estudadas dos demais setores

Empresa	Função Produção	Ambiente de Produção	Estratégia de Produção Maj.	Estratégia de Produção Coadj.	Zona Cidade	Quantidade de Funcionários	Porte	Período de atividade (anos)
FL01	Produção de papel toalha e papel hig.	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	DI Sul	12	Pequeno	20
PA1	Serviços automobilísticos	<i>Make to Market (MTM)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sul	20	Pequeno	27
PA2	Serviços automobilísticos	<i>Make to Market (MTM)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Centro	35	Pequeno	30
MN01	Fabricação de argamassa e rejunte	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sudeste	150	Média	30
AC01	Fabricação de carrocerias	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sul	40	Pequena	27
OT01	Produção de isopor	<i>Make to Stock (MTS)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Sudeste	14	Pequena	12
MV01	Fabricação de roupas infantis	<i>Make to Stock (MTS)</i>	<i>Top Down</i>	<i>Based on resources</i>	Centro	5	Micro	30
PN01	Recapagem de pneus	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Based on resources</i>	<i>Boton up</i>	Sul	20	Pequena	30
SE01	Locação e manutenção de máquinas	<i>Make to Order (MTO)</i>	<i>Based on resources</i>	<i>Marketing in</i>	Sul	30	Pequena	25
OS01	Transporte ferroviário	<i>Make to Market (MTM)</i>	<i>Based on resources</i>	<i>Top Down</i>	Sudeste	36	Pequena	20

Fonte: o autor (2019).

Quanto às práticas de gestão ambiental e aspectos relacionadas à SI, esta parte da amostra ainda se encontra na média das demais unidades estudadas por esta pesquisa. A heterogeneidade deste grupo não prejudica o estudo, uma vez que a diversidade das atividades industriais é um indicativo positivo para o estabelecimento de SI (JENSEN, 2016).

A empresa FL01 atua na produção de papel higiênico e papel toalha. O processo de produção não trabalha com o processamento de celulose. A unidade adquire papel já fabricado em grandes rolos, faz a secagem e o corte destes nas medidas dos produtos finais. Os principais resíduos gerados são aparas de papel e os tarugos de papelão (peças nas quais o papel utilizado como matéria prima vem bobinado), estes são segregados, mas não tem destinação adequada.

A gerencia da empresa informou que deseja vender os materiais para geração de receita e regularização deste aspecto na unidade, mas que o mercado local não consegue absorver os tarugos de papelão para reprocessamento. FL01 não conta com um sistema de gestão ambiental ou sistemática voltada para tal. O potencial de SI para a empresa é de 33,33%, isto mostra que a empresa ainda precisa conhecer a razão das perdas de processo e controlá-las para o estabelecimento de um volume de geração mínimo de resíduos.

As empresas PA01 e PA02, fornecem serviços automobilísticos, tem sua principal atividade na manutenção e troca de óleo de veículos. As duas unidades estudadas nesta pesquisa, tem iniciativas com relação à gestão do óleo utilizado, principal efluente gerado pela empresa. Ambas, fazem um controle das quantidades de óleo armazenados, vendem para empresas que fazem seu tratamento, e fornecem o certificado de destinação final.

Durante a visita técnica, a empresa PA01 apresentou a ampliação da sua unidade de atendimento com um tanque subterrâneo para o armazenamento de óleo coletado das atividades de manutenção. Ficou evidente que ambas as empresas estão preocupadas com a destinação do óleo, já que é o resíduo mais gerado, volume em torno 4000 litros na PA01 e 10000 litros na PA02 por mês. Estopas sujas de óleo, graxa e as embalagens destes produtos, assim como papelão e outros materiais contaminados não tem a devida segregação e destinação.

A potencialidade de SI para PA01 e PA02 são respectivamente 39,87% e 50,02%. O resultado da segunda unidade, se dá pelo fato da articulação da coleta seletiva em suas instalações e a realização de atividades como campanhas ambientais para seus colaboradores.

A empresa MN01 pertence a um grupo fundado em 1989, tem atuação no Piauí e Maranhão. A fábrica sediada em Teresina produz argamassas e rejuntas, emprega oito funcionários por turno e possui uma produção de 7200 sacos de argamassa de 15kg por dia.

Tem como principal matéria-prima areia, extraída do Rio Parnaíba por uma empresa terceirizada (cerca de 800m³ por mês). Além da areia, é utilizado cimento adquirido por importação via porto de Pernambuco e transportado até Teresina via modal rodoviário, ou de uma multinacional em São Paulo.

As embalagens utilizadas para o acondicionamento produtos são adquiridas de fornecedores localizados nos estados de Pernambuco, Paraíba, Goiás e São Paulo. De acordo com as entrevistas, foi informado que Teresina, apesar de possuir empresas de produção de embalagens, perde em competitividade de grupos empresariais maiores que, por ter uma capacidade produtiva maior, conseguem oferecer as embalagens a um custo mais competitivo mesmo com o frete.

A empresa realiza automação cega no processo de dosagem, ou seja, apesar de ser um processo automatizado, não possui computador supervisor. Diante disso, podem acontecer erros de operação em que são gerados areia imprópria para o processo produtivo e argamassa com traço fora das especificações de qualidade. A primeira não tem destinação adequada e a segunda retorna para o forno. No processo de secagem da areia é realizada queima de óleo usado, coletado de empresas parceiras, a demanda de combustível do forno é suprida por completo por esta relação.

A empresa ainda não possui ações com aspectos ambientais para a otimização dos processos produtivos, diminuição da geração de resíduos e emissão gases, também não possui certificações ambientais. A água utilizada nas instalações é de um poço na empresa. Por não gerar efluentes no processo produtivo, não tem necessidade de uma ETE.

São produzidos 108m³ de sujidade e pedregulho por dia sem destinação adequada. Papéis, madeira e plásticos não são segregados e identificados como contaminados ou não.

A partir da avaliação dos critérios, a empresa tem um grau de potencialidade de SI de 33,99%, apesar da disponibilidade de materiais para trocas, elas ainda necessitam de viabilidade logística para movimentação. Ademais, vale ressaltar o baixo grau de potencialidade pelo fato de a empresa ainda ter vários aspectos a serem desenvolvidos com relação a gestão dos seus resíduos e outros relacionados à gestão ambiental dos seus processos produtivos.

A empresa AC01, produz carrocerias e baús para caminhões. Com mais de vinte anos de atuação no mercado, é certificada por algumas montadoras como empresa apta a adaptar seus produtos. Contando com equipe de vendas, projetos e produção, as carrocerias e baús

podem já estar contemplados em modelos disponíveis pela empresa, e/ou demandados de acordo especificações dos clientes, contanto que atendam a legislações específicas do setor.

A produção é feita a partir dos pedidos dos clientes, os insumos são comprados de empresas do sudeste a partir de um estimativa de demanda feitas pelos gestores. Durante a realização da pesquisa, o quadro total de funcionário da empresa é de 40 pessoas, e a média de produção é de um baú por dia. Os gestores informaram que por conta de questões de mercado, o quadro foi reduzido em mais da sua metade e a produção reduzida em um terço.

O principal resíduo gerado são as aparas de metal, com a atual escala de produção, o valor gira em torno de quatro toneladas por mês. AC01 tem parceria com duas empresas que adquirem a sucata para reprocessamento. A empresa não adquire estopas, faz uso de retalhos de panos de uma empresa de confecção do grupo. Demais resíduos são coletados e gerenciados de maneira coletiva pelo grupo empresarial que AC01 faz parte.

A potencialidade de SI de AC01 alcança valor de 58,59%, valor aponta que a empresa realiza gerenciamento dos seus resíduos de maneira adequada, mas ainda apresenta oportunidades e não possui certificações ambientais e programas próprios de conscientização e educação ambiental.

A empresa OT01, pertencente ao mesmo grupo das empresas CC02 e FF03, ocupa o mesmo parque industrial. Esta unidade fabrica blocos de poliestileno (EPS) para a construção civil. Ele é utilizado na confecção lajes, e como agregado para fabricação de concreto. O processo de fabricação do EPS se dá com a expansão do polímero em um processo de aquecimento. A caldeira deste processo é alimentada por resíduos de madeira advindos de resíduos de obras da construtora do grupo, quando não é possível, a empresa adquire madeira licenciada.

Após a expansão, o EPS é compactado em blocos, estes são cortados de acordo com as especificidades dos clientes. A atividade de corte gera sete sacos de aparas de 850kg de EPS por dia, este resíduo é reaproveitado gerando a pérola¹⁰ reaproveitada, esta pode ser adicionada no valor máximo de 50% na composição de novas peças de EPS, pois compromete sua capacidade de compactação e qualidade do produto final.

Assim como na produção de plásticos nas empresas estudadas, os envolvidos no processo produtivo correm o risco de compreender erroneamente que “não existem resíduos”.

¹⁰ Unidade do EPS expandido.

O retorno do EPS, além de não poder ser incorporado em grandes quantidades no produto final, consome tempo, energia e mão de obra para ser reprocessado.

Durante a realização da pesquisa, o estoque EPS aguardando para ser reciclado, é maior que o estoque de produto final. O gestor consultado, informou que a liberação de espaço e utilização das aparas e das peças de EPS com defeito, é uma das prioridades da empresa.

O percentual de potencialidade de SI alcançado pela empresa é de 50,46%, o sistema de retorno e reaproveitamento do EPS não se mostra uma atividade que resolve a questão da geração de resíduos na empresa OT01. As aparas geradas pelo processo de corte e os produtos fora das especificações técnicas, são os dois processos que mais geram resíduos para a unidade. Estes processos podem ser revistos e otimizados com atividades de padronização e controle de parâmetros de processamento.

Observou-se que aspectos do planejamento e controle de produção podem ser digitalizados para a construção de indicadores básicos para o acompanhamento da unidade, o que ainda é feito de maneira manual. Com estratégias para uma melhor gestão da linha de produção de EPS, a empresa pode tomar iniciativas mais assertivas com relação à gestão ambiental dos seus processos produtivos.

A empresa MV01, atua há mais de trinta anos no mercado e produz roupas infantis. Contando com cinco funcionários, em um processo de produção celular, confecciona peças de vestuário destinado para venda fora do estado. Não existe um monitoramento da quantidade e dos resíduos gerados, assim como programas ou iniciativas relacionadas à gestão ambiental.

O processo de produção consiste em modelagem, corte, costura e acabamento. O gestor participante da pesquisa informou que o principal resíduo do processo produtivo são os retalhos dos tecidos. As aparas menores são enviadas para uma instituição religiosa que fabrica tapetes artesanais para arrecadação de fundos, as peças maiores são utilizadas para confecção de adornos para seus produtos. As embalagens dos produtos, tarugos das linhas, embalagens plásticas e outros materiais são descartados como lixo comum e recolhidos pela prefeitura.

Pelos motivos supracitados, a empresa alcança um percentual de potencialidade de SI de 23,53%, um dos menores alcançados na pesquisa. O não atendimento dos critérios abordados no escopo do estudo, se dá pelo fato de se tratar de uma micro empresa, em que na sua realidade econômica/financeira, tem quantidade de funcionários reduzida e atua para sua sobrevivência no mercado, considerando aspectos ambientais relevantes para seu porte. Ressalta-se a importância de projetos e iniciativas que venham a incluir micro e pequenas empresas em

atividades de gestão ambiental, de preferência, criando um ambiente de cooperação que possa somar recursos e reduzir os custos envolvidos nas atividades.

A empresa PN01 é de origem piauiense, iniciou suas atividades no ramo de combustíveis e posteriormente começou uma parceria com uma fábrica de pneus. Com isso, firmou suas atividades com serviços automotivos. O grupo de empresas formado por esta circunstância, oferece serviços de suspensão, freios, comercialização e recauchutagem de pneus. Por meio da parceria acordada com a fabricante de pneus, a empresa D passou também a reformar os pneus que chegavam a sua filial de natureza industrial, sendo esta a unidade objeto da pesquisa.

A fábrica tem capacidade de renovar 50 cinquenta pneus por dia. Os resíduos gerados nos processos de limpeza e preparo do pneu são coletados em um sistema de sucção que deposita o material em sacos plásticos na parte externa das instalações. Estes materiais são vendidos para empresas que utilizam a borracha como matéria prima para fabricação de chinelos, tapetes e outros itens. Os pneus reprovados no processo de inspeção inicial, podem ser devolvidos ao proprietário ou destinados a um dos Ecopontos de Teresina.

Não há evidências de uma coleta seletiva sistemática dos materiais não envolvidos diretamente no processo produtivo, além da fábrica ainda estar se preparando para a certificação da ISO 9001 (sistema de gestão da qualidade).

A empresa PN01 não possui nenhuma certificação ou programa ambiental, apesar das práticas relacionadas a comercialização e reaproveitamento de materiais, nenhuma destas se dá de maneira estruturada dentro de um programa ou sistema de gestão ambiental. Os certificados de destinação final dos resíduos são requeridos periodicamente pelo principal fornecedor de matéria prima.

Ao avaliar as práticas da empresa, conforme os critérios em análise, obteve-se um valor percentual de potencialidade de SI de 65,23%. As atividades de coleta e venda de resíduos de borracha durante o processo produtivo se dão pelo atendimento de aspectos obrigatórios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) para o setor em estudo. O valor alcançado caracteriza a empresa como uma boa gestora dos seus resíduos, mas que tem oportunidades de estabelecer vínculos regionais para a destinação dos seus materiais, favorecendo a economia local e fomentando o pensamento economia circular.

A empresa SE01 loca e realiza manutenção de materiais para a construção civil, indústrias, empresas, eventos, etc. Atuando desde 1989, com unidades presentes em 5

idades do nordeste brasileiro. Os grupos de equipamentos disponíveis para locação são: andaimes, geradores, compactadores, plataformas aéreas, ferramentas elétricas, caminhão *munck*, torre de iluminação, containers, equipamentos para movimentação de carga, betoneiras, máquinas, compressores de ar, terraplanagem, escoramento e etc.

Os equipamentos que necessitam de manutenção possuem uma identificação digital sinalizado por etiquetas, onde cada cor de etiqueta indica o que atividades o equipamento demanda. No setor de manutenção também são liberadas as OM's (ordens de manutenção), onde são documentados os passos do processo de reparo. Durante a realização da pesquisa, a empresa tem um total de 1099 equipamentos em manutenção.

Os resíduos gerados pela empresa são: estopas, componentes de metal e borracha. A maior parte deste material contaminado por óleo. Também podem ser considerados como resíduos, carcaças de equipamentos que são deixados armazenados quando seu custo de manutenção é superior a $\frac{1}{4}$ do valor da aquisição deste maquinário.

Também é gerado emulsão de água e óleo e/ou água contaminada com outras sujidades, no processo de lavagem dos materiais, que acontece logo após o seu recebimento. Este efluente é despejado na sarjeta. A empresa tem coletores para separação dos materiais, mas não são utilizados. Também não existe nenhuma sistemática de práticas voltadas a conservação dos recursos naturais e destinação dos resíduos e efluentes gerados, por estes motivos, ao pontuar os aspectos estudados pela pesquisa, o valor de potencialidade de SI para a empresa é de 30,59%.

A última empresa estudada, a OS01, presta serviços de transporte de cargas no modal ferroviário e manutenção de locomotivas, funcionando desde 1980. Durante a realização da investigação, foi informado que a empresa conta com 88 locomotivas (nesta unidade), que fazem o transporte de produtos diversos pela transnordestina, esta atividade além de deslocar materiais, conduz unidades de manutenção estrutural da ferrovia.

Os principais resíduos gerados pela operação são: os óleos advindos da manutenção preventiva das locomotivas, em torno de 1000 a 1200 litros por mês, este é armazenado e enviado uma unidade de tratamento pela ferrovia. As peças de borracha e metálicas, são armazenadas em um pátio a céu aberto, ao lado das instalações da ferrovia. Bolbonas e vasilhames de óleo, também são acondicionados neste mesmo local.

Outro resíduo são os dormentes, peças de madeira posicionadas em paralelo às bitolas metálicas, estes são gerados pelas atividades de manutenção periódica dos trilhos. Os dormentes

são revestidos por criosoto, produto químico que aumenta a durabilidade da madeira que ficará exposta a entempéries. A gestora ambiental da unidade informou por este motivo, os dormentes retirados da ferrovia não podem ser utilizados como combustível de caldeiras e/ou fornos.

Os dormentes, assim como os outros resíduos, estão armazenados nos pátios externos as unidades de operação da OS01. A responsável pelo monitoramento ambiental da empresa informou que ainda não tem uma solução para a destinação dos dormentes, e a pilha deste material pode estar contaminando o solo de onde ele está alocado. Ademais, outras unidades da empresa, como de São Luís, enfrenta o mesmo problema de não ter destinação final para este material.

Durante a realização da pesquisa, foi informado que a OS01 está implantando um programa de gestão ambiental, e um plano de gerenciamento de resíduos sólidos. A empresa está buscando parcerias e soluções para o tratamento dos resíduos acumulados. A funcionária responsável pelo monitoramento ambiental da unidade de Teresina, responde por outras unidades e não presta assistência em tempo integral para a operação em estudo. Também foi informado que sua atuação iniciou a quatro meses, e tem a finalidade de regularizar as práticas de gestão ambiental da empresa.

Após a avaliação dos aspectos da pesquisa, o valor alcançado de potencialidade de SI é de 51,53%, com atividades que estão sendo realizadas relacionadas a gestão ambiental e gerenciamento dos resíduos, a empresa tem como melhorar este resultado, o que indica que pode estabelecer relações de SI saudáveis. Com a segregação e destinação correta dos materiais, e tratamento dos passivos distribuídos nos pátios da empresa, esta estará contribuindo de maneira mais efetiva para o desenvolvimento sustentável.

A partir do que foi mencionado, o quadro 26 elenca as principais barreiras e motivações das práticas atuais e para as práticas futuras envolvendo a gestão ambiental dos processos produtivos (consequentemente de SI) abordados neste tópico.

Assim como nos setores da indústria analisados anteriormente, a articulação de pequenas e médias empresas pode ser uma ferramenta para fomentar as atividades não apenas de gestão ambiental. A ausência de unidades locais de tratamento de alguns tipos de resíduos e efluentes também encarece as atividades de gestão destes materiais, assim como também a necessidade de unidades, em que além do processo de reaproveitamento/beneficiamento, emitam certificados de destinação final.

Quadro 26 - Barreiras e motivações para práticas de compartilhamentos de subprodutos nas indústrias dos demais setores estudados

Empresa	Barreiras	Motivações para práticas atuais	Motivações para adoção de outras práticas de SI
FL01	a) Empresas locais que tratem alguns resíduos gerados pela unidade; b) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos;	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; c) Adequação da empresa quanto ao gerenciamento de resíduos; d) Possibilidade de geração de receita.
PA01/PA02	a) Empresas locais que tratem alguns resíduos gerados pela unidade; b) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos;	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa. c) Alto volume de resíduos gerados; d) Necessidade de certificado de destinação final para relações comerciais.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; c) Adequação da empresa quanto ao gerenciamento de resíduos;
MN01	a) Empresas locais que recebam resíduos gerados pela unidade;	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; c) Adequação da empresa quanto ao gerenciamento de resíduos; d) Possibilidade de geração de receita.
AC01	a) Empresas locais que tratem alguns resíduos gerados pela unidade;	a) Alto volume de resíduos gerados; b) Sistema de gerenciamento ambiental do grupo empresarial; c) Necessidade de certificado de destinação final para relações comerciais.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;
OT01	a) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos;	a) Alto volume de resíduos gerados; b) Fiscalização deficiente; c) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; c) Adequação da empresa quanto ao gerenciamento de resíduos;

MV01	a) Sistema estrutural que auxilia PMEs a gerenciar seus resíduos.	a) Baixa geração de resíduos; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;
PN01	a) Empresas locais que recebam alguns resíduos gerados pela unidade;	a) Alto volume de resíduos gerados; b) Necessidade de certificado de destinação final para relações comerciais.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável;
SE01	a) Empresas locais que recebam alguns resíduos gerados pela unidade;	a) Fiscalização deficiente; b) Aspectos ambientais não são prioridades entre as atividades da empresa.	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; c) Adequação da empresa quanto ao gerenciamento de resíduos; d) Possibilidade de geração de receita.
OS01	a) Empresas que tratam alguns resíduos gerados pela unidade;	a) Fiscalização deficiente; b) Alto volume de resíduos gerados; c) Sistema de gerenciamento ambiental;	a) Contribuição para economia local; b) Contribuição para o desenvolvimento sustentável; c) Adequação da empresa quanto ao gerenciamento de resíduos; d) Possibilidade de geração de receita.

Fonte: o autor (2019).

Analisando as características individuais dos processos de produção, é possível considerar proposições de atividades de SI para cinco das empresas estudadas nesta seção. Isso se dá pelo fato de que a maior parte destas unidades não tem geração expressiva de um determinado material, e para estas empresas, também são necessárias adequações referentes à coleta seletiva e atendimento de outros aspectos ambientais mais básicos. O quadro 27 aponta as possíveis trocas simbióticas levantadas a partir da observação em campo.

Para a empresa FL01, primeiramente, é necessária adequação do controle das fontes geradoras de resíduos, por meio a otimização dos planos de corte e de aspectos operacionais favorecem a perda de matéria prima. Os resíduos de papel e os tarugos de papelão, após a devida segregação, podem ser enviados para unidades de tratamento local. Os tarugos não são recebidos por boa parte das unidades de tratamento.

De acordo com os aspectos levantados, a empresa MN01 pode estabelecer relações simbióticas pelo fornecimento do material caracterizado como sujidade e pedregulho, como

agregado para a fabricação de pré-moldados e composição de agregados de alta granulometria. Ao recorrer a literatura científica, encontrou-se a utilização de um material semelhante ao que a empresa classifica como sujidade e pedregulho, segregados da areia para composição da argamassa. Serdar, Biljecki e Bjegovic (2017) apontam a utilização de poeira de pedreira e sujidades, antes tratadas apenas como material residual, como agregado para infraestrutura rodoviária como enchimento inerte.

Quadro 27 - Potencialidades de estabelecimento de SI nos demais setores estudados

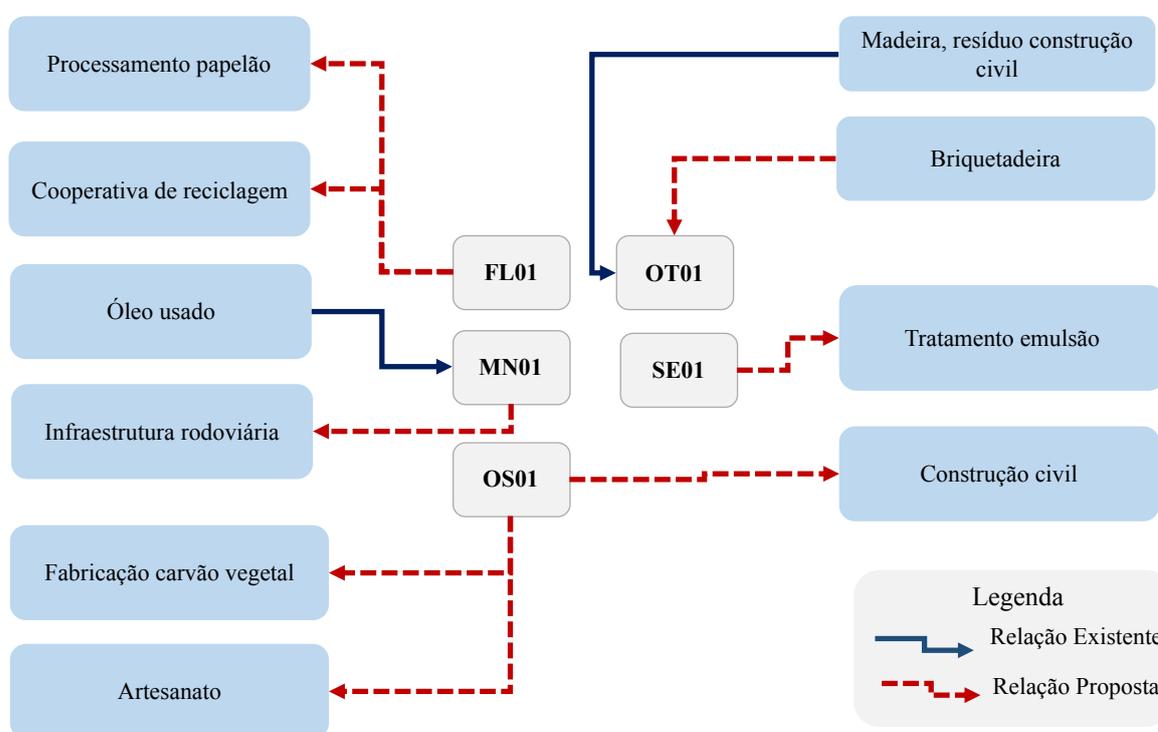
Empresa	Material	Oportunidade Identificada	Literatura	Potencial Parceria Local	Próximos passos
FL01	Tarugos de papelão	Envio para empresas que processem estes materiais.	–	NA	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
	Aparas de papel	Coleta seletiva e venda para cooperativa.	–	>10	a) Coleta seletiva; b) Seleção de parceria.
MN01	Sujidade/pedregulho	Utilização como agregado para infraestrutura rodoviária	Serdar, Biljecki e Bjegovic (2017)	>10	Estudo de adequação técnica; Estabelecimento de parceria.
	Fabricação de argamassa	Recebimento de cinzas de caldeiras para fabricação de argamassa.	Siqueira, Souza e Sousa (2012)	>10	Estudo adequação técnica; Estabelecimento de parceria.
OT01	Biomassa (madeira)	Utilização madeira de outras empresas para alimentação da geração de caldeira.	–	>10	a) Fomento para iniciativa; b) Coleta sistemática deste tipo de resíduo em outras empresas do setor.
SE01	Emulsão contaminado com óleo	Coleta para envio para tratamento da emulsão.	Silva et al (2013) e Lima et. al (2016).	>10	a) Fomento para iniciativa; b) Coleta sistemática deste tipo de resíduo em outras empresas do setor.
OS01	Dormentes	Utilização na construção civil	Sena (2016)	>10	a) Análise viabilidade técnica; b) Fomento para iniciativa;
		Confecção de móveis		>10	a) Análise viabilidade técnica; b) Fomento para iniciativa; c) Estabelecimento das parcerias.
		Fabricação de carvão vegetal	VALE (2013)	ND	a) Análise viabilidade técnica; b) Fomento para iniciativa; c) Estabelecimento das parcerias.

Fonte: o autor (2019)

A utilização de óleo queimado no forno pode ser mantida, com o adequado controle de emissões de particulado, podendo continuar adquirindo este material de empresas que não tem destinação final para este. Vale ressaltar a necessidade da destinação adequada para o óleo pós queima que precisa ser adequada.

Diante das possibilidades levantadas a partir das análises individuais das empresas, foi construída a representação gráfica para as trocas simbióticas existentes e das propostas pelo estudo (vide figura 32). Para estes setores, foram propostas relações simbióticas com unidades locais, e unidades ainda não disponíveis em Teresina.

Figura 32- Relações simbióticas existentes e propostas para as empresas estudadas dos demais setores



Fonte: o autor (2019)

As cinzas da queima de madeira em caldeiras de outras empresas podem ser um componente a ser incorporado na fabricação de rejuntas e argamassas. Contudo, esta aplicação pode ser possível mediante as devidas análises de compatibilidade e percentual do material a ser incluído na mistura (SIQUEIRA; SOUZA e SOUZA, 2012).

Para a unidade OT01, indica-se a necessidade da adequação dos planos de corte de EPS, elaboração de POP's (Procedimentos Operacionais Padrão) para operação dos equipamentos de conformação, para a não geração de blocos foras dos padrões de qualidade. A caldeira, que é parcialmente alimentada por biomassa advinda de resíduos de obras da construtora do grupo,

pode estabelecer outras parcerias semelhantes para seu abastecimento, ou, adquirir briquetes advindos da cooperação da indústria moveleira.

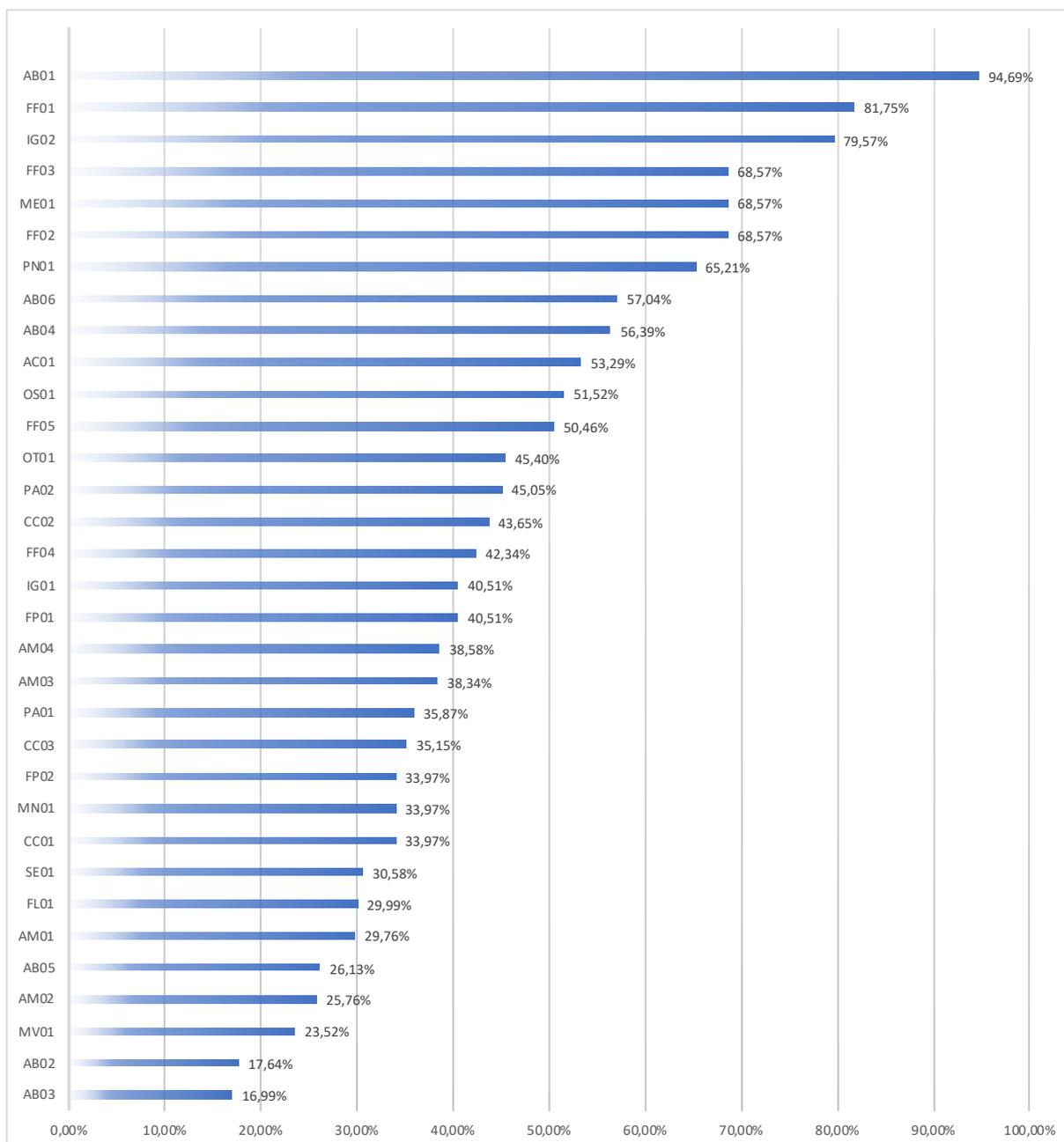
Semelhante a outras empresas que operam com atividades de manutenção e operações metal/mecânica, a geração de emulsão da SE01 necessita, em primeira instancia, ser devidamente coletada para envio para uma unidade de tratamento.

O principal passivo ambiental da empresa OS01 são os dormentes retirados nas atividades de manutenção das ferrovias. Ao consultar a literatura e casos de reutilização destes materiais, foram identificadas aplicações na construção civil (revestimento de paredes e ambientes), criação de móveis artesanais (SENA, 2016) e fabricação de carvão vegetal (VALE, 2013; DAMASCENO et. al, 2017). Com relação ao revestimento de creosoto, nas duas primeiras aplicações, as peças de madeira são lixadas e revestidas com camadas de verniz, na última aplicação, o processo de queima para produção do carvão, não a ação do creosoto como impedimento para a atividade.

Foram identificados casos em que os dormentes de madeira estão sendo substituídos por outros constituídos de materiais poliméricos, estes não contaminam o solo e são recicláveis (CAMPOS, 2015; LIMA et. al, 2014). Por este motivo, a prática de reaproveitamento de dormentes, especificamente para a produção de carvão vegetal, não pode atender uma demanda específica e exclusiva, pois à medida que a substituição pelas peças poliméricas forem acontecendo, será reduzida a geração resíduos de dormentes de madeira.

5.7 Potencialidade de SI em Teresina

Após as análises individuais das empresas que compuseram a amostra desta pesquisa, foi possível calcular a potencialidade de SI para a cidade de Teresina, por zona e por segmento da indústria, além de outras considerações a cerca das empresas analisadas. Quando estudadas individualmente, as empresas divergem bastante com relação a sua potencialidade individual de SI. A figura 33, apresenta o ranqueamento das unidades estudadas com relação ao seu percentual de aptidão para estabelecimento de SI.

Figura 33 – Potencialidade individual de SI por empresa

Fonte: o autor (2019).

Observa-se que mais da metade das indústrias analisadas, atendem menos de 50% dos aspectos considerados como importantes para a gestão ambiental, que caracterizam a possibilidade do estabelecimento de SI. Recorda-se que estes valores apontam um nível conformidade e adoção de atividades de gestão ambiental por parte das empresas, que possibilitam estas a realizarem trocas simbióticas. Quanto mais próximo de 100%, menos a empresa precisa adequar-se para estabelecer SI.

Na seção 5.1, foram elencadas cinco categorias que correspondem as faixas de percentuais de potencialidade de SI, indicando características comuns às empresas estudadas. A tabela 5, apresenta a quantidade de empresas e quais as empresas se encontram em cada faixa de potencialidade de SI.

Tabela 5 – Distribuição das empresas por faixa de potencialidade de SI

Faixa potencialidade de SI	Caracterização	Quant. Empresas	Percentual da amostra	Empresas
0% - 29%	Economia Linear	7	21,21%	AB03, AB02, MV01, AM02, AB05, AM01 e FL01
30% - 49%	Reaproveitamento interno	14	41,18%	SE01, CC01, MN01, FP01, CC03, PA01, AM03, AM04, FP01, IG01, FF04, CC02, PA01, OT01
50% - 69%	Gestão de resíduos	9	26,47%	FF05, OS01, ME01, AC01, AB04, AB06, PN01, FF03, FF02, e ME01
70% - 79%	EI e SI	1	2,94%	IG02
80% - 100%	Certificações e Economia Circular	2	5,88%	FF01 e AB01

Fonte: o autor (2019).

Partindo desta análise, incide-se que a maior parte das empresas estudadas estão na faixa de aproveitamento interno. Ou seja, as unidades realizam uma segregação, ainda por vezes insuficiente, dos resíduos e reaproveita-os internamente. São exemplos de unidades executoras destas práticas, as empresas de plásticos (FP01 e FP02) e a empresa de locação e manutenção de equipamentos (SE01).

Outras empresas situadas nesta classificação, como OT01, CC01 e MN01, realizam a separação dos materiais com maior geração, mas não tem destinação adequadas para estes. Demais empresas como CC03, PA01, AM03 e AM04, por esta e outras lacunas, também alcançam a pontuação para esta categoria.

Ainda partindo da observação deste conjunto de empresas, é possível considerar que elas não têm uma preocupação legítima com relação à sustentabilidade e otimização da utilização dos recursos naturais. Suas atividades e preocupações estão relacionadas a um resíduo que é gerado em grande quantidade, por esse motivo, é reprocessado para

reaproveitamento no processo produtivo e/ou é armazenado para receber destinação (nem sempre adequada).

O segundo maior grupo de empresas estudadas, está na faixa caracterizada como “gestão de resíduos”. Uma das características destas unidades, é que além da segregação, por razões financeiras e comerciais (necessidade de certificado de destinação final), é dada a destinação adequada para parte dos seus resíduos. Nestas empresas, já se tem programas de gestão ambiental em processo de implantação (OS01), ou por atividades advindas da necessidade de adequação de aspectos legais e da PNRS (PN01, FF02 e ME01).

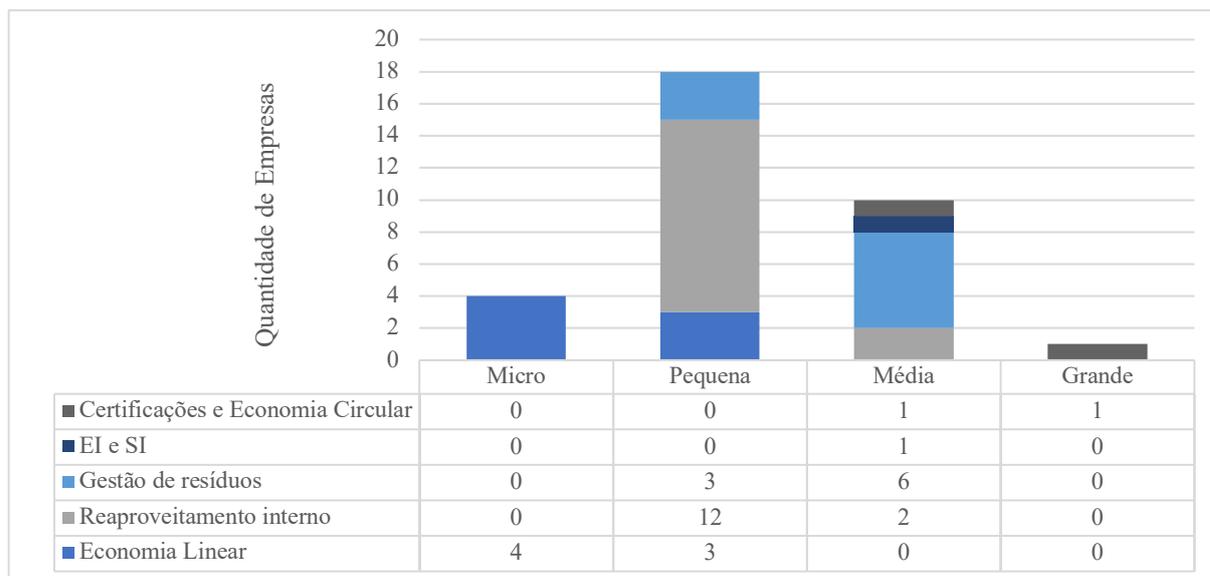
Os outros três grupos de empresas são as caracterizados como: os praticantes da “economia linear”, as empresas que executam com fluidez práticas de SI e as que dão passos concretos para tal. Para as análises destas faixas de potencialidade, averiguaremos também, a classificação destas empresas, de acordo o seu porte. Para esta caracterização, utilizou-se os parâmetros do SEBRAE (2019), que leva consideração a quantidade de funcionários na empresa (vide tabela 6).

Tabela 6 – Quantidade de empresas segundo classificação de porte por quantidade de funcionários

Quantidade de Funcionários	Classificação das empresas	Empresas Pesquisadas
Até 19	Micro	4
De 20 a 99	Pequena	18
De 100 a 499	Média	11
500 ou mais	Grande	1

Fonte: o autor (2019)

A figura 34, faz a estratificação da relação da quantidade de empresas por faixa de potencialidade de SI com o seu porte, a partir da quantidade de funcionários.

Figura 34 – Relação entre faixa de potencialidade de SI e porte das empresas

Fonte: o autor (2019).

Com isto, é possível incidir que as únicas empresas a possuírem certificações, práticas de SI consolidadas e sistema de gestão ambiental implantados e em funcionamento são de médio e grande porte (FF01 e AB01). Ambas pertencentes a grupos empresariais multinacionais. O processo de concepção e implantação dos SGA's destas empresas, acontece como atividade obrigatória e realizados, geralmente, pelos centros de excelência dos grupos. À mão de obra local, fica responsável pela manutenção, execução das práticas, elaboração e envio de relatórios.

Além da necessidade de adequação técnica, pelo grande porte de suas atividades, pelo marketing, imagem das empresas e dos produtos vinculados às práticas de sustentabilidade, estas fábricas também tem geração de receita a partir do tratamento dos seus resíduos e efluentes. Para tal, designam funcionários exclusivamente para análise e gerenciamento das práticas envolvendo gestão ambiental.

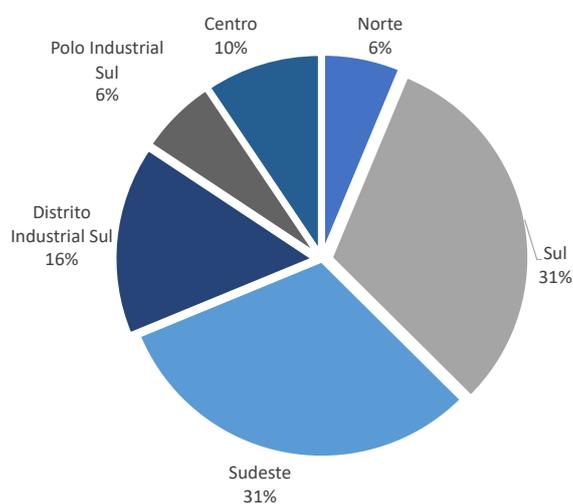
A única empresa a estar na faixa correspondente à “EI e SI”, possui atividades sistemáticas de gestão ambiental, pratica a SI com outras empresas do grupo empresarial que pertence, e com outras empresas parceiras. As iniciativas partem da administração local e contam com execução e manutenção pela mão de obra, também local. A empresa executa estas atividades pelo alto volume de resíduos gerado (em razão da sua escala de produção) e da necessidade dos certificados de destinação final para relações comerciais.

Por meio desta análise, também é possível concluir que as operações caracterizadas na faixa da “economia linear” são todas micro e pequenas empresas. Ressalta-se que todas as

microempresas estudadas na pesquisa, encontram-se nesta classificação. Conforme apresentado nas análises individuais, existe a necessidade de atividades de fomento e cooperação para que as PME's possam incorporar aspectos de gestão ambiental em suas atividades.

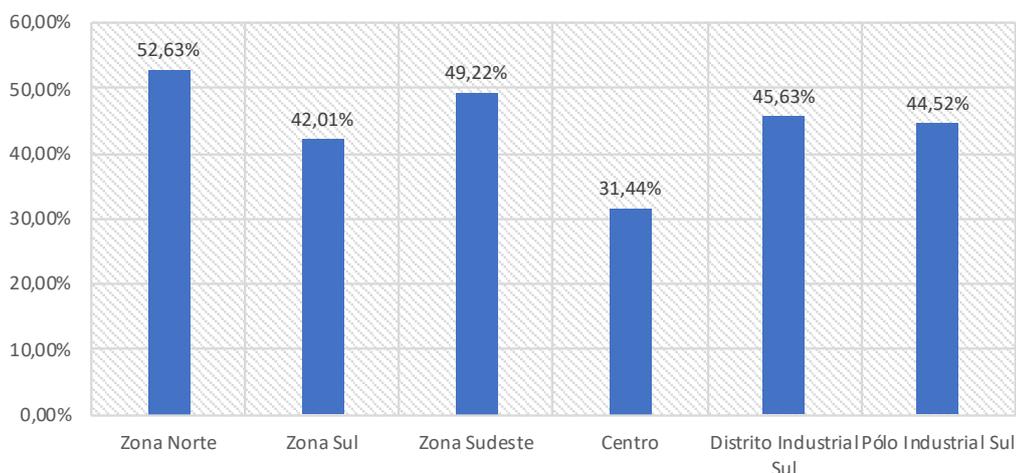
Na amostra estudada, a maior parte das empresas localizam-se nas zonas sul e sudeste (vide figura 35) da cidade. Para este estudo, foram considerados o Distrito Industrial Sul e o Polo Industrial Sul como zonas da cidade, pois são áreas definidas como de atividade industrial segundo a SENPLAM. A adoção desta divisão também se deu pelo fato de que pretendeu-se analisar a potencialidade de estabelecimento de SI nestas áreas industriais, isoladamente. Uma vez que os parques industriais tradicionais, convertem-se em eco parques pelo estabelecimento de SI (CHERTOW, 2000).

Figura 35 – Distribuição das indústrias estudadas nas zonas da cidade



Fonte: o autor (2019).

Com a análise e pontuação dos critérios da pesquisa e cálculo do potencial de SI individual, foi possível a realização deste mesmo cálculo para as zonas da cidade (figura 36). Com isto foi possível compreender que nenhuma zona alcança potencialidade de SI superior a 53%, ou seja, pertencem à terceira faixa de classificação da pesquisa. Considerando a quantidade de empresas analisadas por setor e a diversidade da amostra, os resultados por zona da cidade, mesmo daquelas sem um grande número de empresas, podem ser considerados como válidos para esta porção da cidade, uma vez que corroboram com os resultados globais do estudo.

Figura 36 – Potencialidade de SI por zona da cidade

Fonte: o autor (2019).

Os distritos industriais, por esta métrica de potencialidade de SI, tem uma série de passos que precisam ser dados para que as atividades de SI possam estar contribuindo de maneira efetiva para a sustentabilidade. Com os percentuais de 45,63% (Distrito Industrial Sul) e 44,52% (Polo Industrial Sul), infere-se que as empresas destas zonas da cidade se encontram desarticuladas com relação à cooperação para práticas de gestão ambiental. Pôde-se observar esta característica durante a realização das visitas técnicas, onde as empresas, mesmo estando localizadas em um distrito industrial, operam de maneira individualizada.

As zonas industriais, classificadas como do segmento de “reaproveitamento interno”, reprocessam os resíduos gerados em maior escala, para utilização no próprio processo produtivo, deixando assim de atuar sobre as fontes geradoras destes resíduos. Para estas empresas, na sua maioria de pequeno e médio porte, a segregação e tratamento apenas do resíduo mais expressivo, deixa de dar a atenção necessária para geração de efluentes, materiais contaminados e outros componentes que podem estar sendo tratados a nível local.

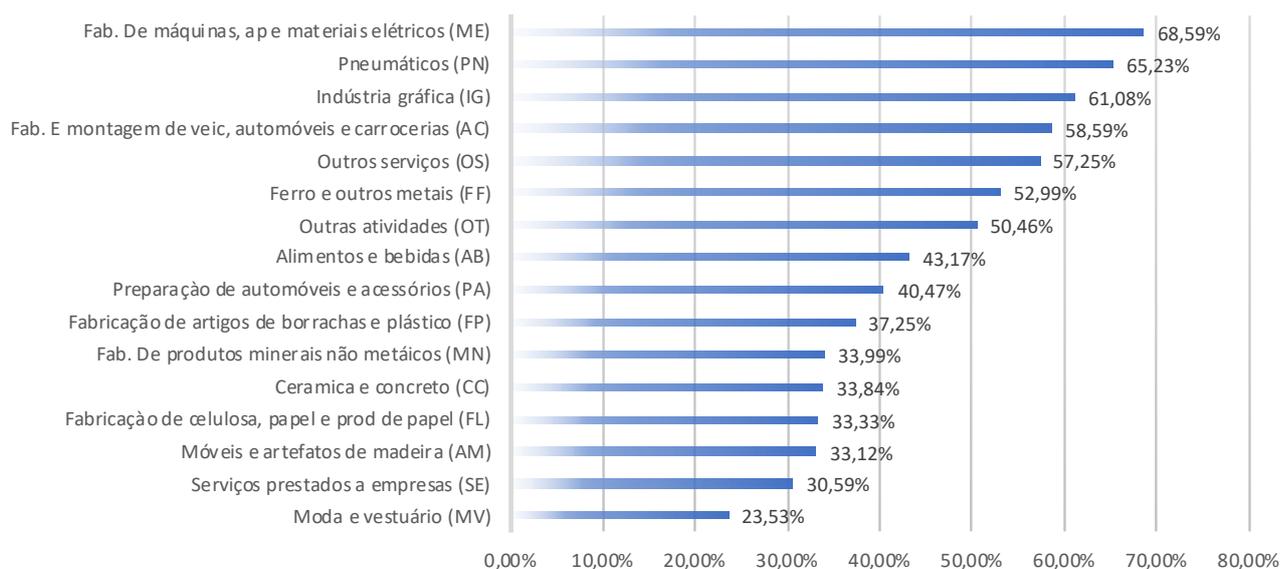
Ao realizar um estudo sobre o Polo Industrial Sul, Bastos (2014) apresenta que as empresas desta zona também se encontram desarticuladas. Os gestores das unidades concordam que a cooperação entre as empresas de uma zona industrial é muito importante. Ao serem questionados sobre suas visões e proposições para o compartilhamento de recursos, foram sugeridos o compartilhamento de profissionais de segurança, uma cozinha comunitária para o polo e uma associação dos colaboradores do polo. Em nenhum momento do estudo os envolvidos citaram compartilhamento, envio e/ou reaproveitamento de subprodutos das empresas. Isto aponta a necessidade da consciência ambiental (o entendimento das atividades

de gestão ambiental como uma das prioridades das empresas) estar mais presente na visão de futuro dos empreendimentos, por parte das suas lideranças.

Os gestores também relataram que a desarticulação e a dificuldade do estabelecimento de relacionamentos entre as empresas se dão pela diferença das atividades industriais do polo. Sobre este ponto, é possível acrescentar que sob a ótica desta pesquisa, este não é um fator que dificulta o relacionamento entre as empresas, uma vez que a diversidade industrial favorece a implantação da SI.

Seguindo a análise do potencial de SI, quando o cálculo é realizado para os 16 setores estudados (figura 37), é possível averiguar, quais segmentos da indústria estão mais aptos à realização de SI, sem estar pulando etapas ou negligenciando fatores essenciais para a gestão ambiental dos processos produtivos.

Figura 37 – Potencialidade de SI por segmento de atuação



Fonte: o autor (2019)

Partindo das informações apresentadas na figura 37, o setor de máquinas, aparelhos e materiais elétricos está no topo da listagem. Vale ressaltar que das cinco primeiras representações com melhores resultados, foram estudadas no máximo duas unidades produtivas por segmento, o que pode tendenciar o resultado do setor já que a seleção das indústrias para participar da pesquisa se deu de maneira aleatória e pela viabilidade de acesso por parte do pesquisador. O mesmo pode se inferir para setores como o de moda e vestuário, onde apenas uma unidade (microempresa) foi visitada.

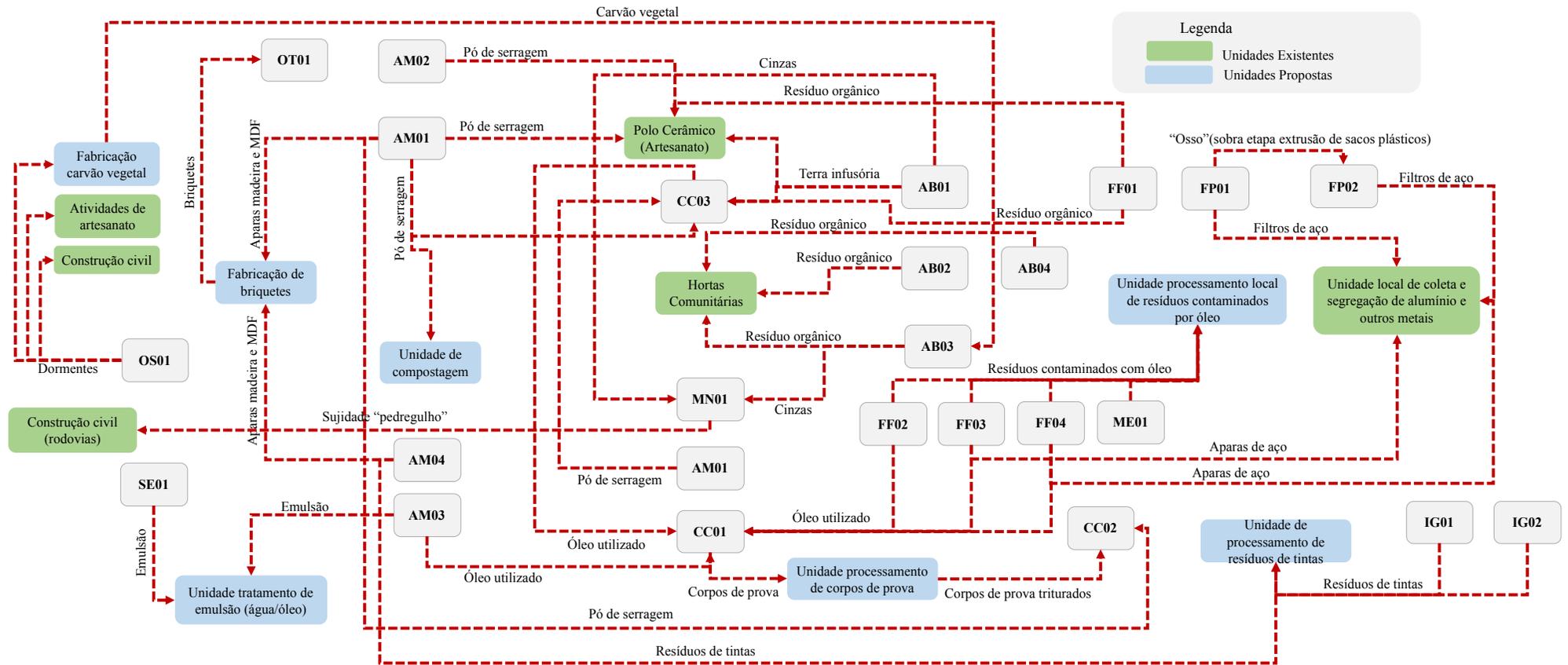
Setores como de alimentos e bebidas (43,17%), onde foram estudadas um maior número de empresas de diferentes portes, já fornece um resultado mais assertivo quando se refere à representação do segmento. Da mesma forma, pode-se fazer esta afirmação para os setores de ferro e outros metais (52,99%), cerâmica e concreto (33,84%), por exemplo.

Considerando a amostra total, o valor do potencial de SI para a cidade de Teresina é de 45,76%, um resultado mediano e esperado a partir do que foi quantificado por individualmente empresa e por setor. Este valor, assim como para as unidades, apresenta que o estabelecimento das parcerias deve levar em consideração aspectos técnicos e de gestão das empresas que precisam ser adequados, para que a SI não funcione como uma ferramenta que oculte falhas na gestão das operações.

Tendo em vista as potencialidades levantadas durante as análises individuais das empresas e dos setores, pode-se construir uma proposição de relações de SI entre as unidades estudadas (figura 38), com a adição de unidades de processamento não disponíveis em Teresina, que podem ser iniciativas de novos negócios (quadros azuis na figura 38).

Devido a possíveis falhas na observação e coleta das informações, as oportunidades de SI encontradas nas empresas podem não ser reais chances de ganhos, especialmente financeiro, mas falhas na gestão dos processos produtivos e do controle das fontes geradoras de resíduos. De toda forma, procurou-se elencar as possíveis relações de SI a partir dos processos que não precisam de intervenções sistemáticas para a diminuição da geração de resíduos e/ou efluentes.

Figura 38 – Propostas de relações de SI entre as empresas estudadas



Fonte: o autor (2019)

Partindo da análise da figura 38, foram propostas 39 relações de SI e a criação de 7 unidades de processamento intermediários. Estes negócios tem grande potencial de viabilidade técnica/financeira, uma vez que podem ter suas demandas ampliadas pelas empresas com atividades semelhantes às estudadas, mas que não foram contempladas na pesquisa. Estas operações contribuirão com a geração de renda e fomento da economia local, podendo atender demandas dos municípios pertencentes à grande Teresina.

Nem todas as operações intermediárias propostas pela pesquisa são estabelecimentos que precisam ser implantados, outras unidades são iniciativas existentes (quadros verdes figura 38), que precisam do estabelecimento das relações e parcerias. Por este motivo, não foram representados no diagrama, as relações envolvendo reaproveitamento de papel e plástico, visando uma melhor leitura da figura.

Para algumas relações propostas entre empresas, existe a necessidade do estudo de viabilidade técnica para aspectos como percentual de dosagem nos processos de fabricação. Para outras, a necessidade da adequação da empresa para a emissão de certificado de destinação final, uma vez que algumas das parcerias não são realizadas a nível local pela não emissão desta documentação.

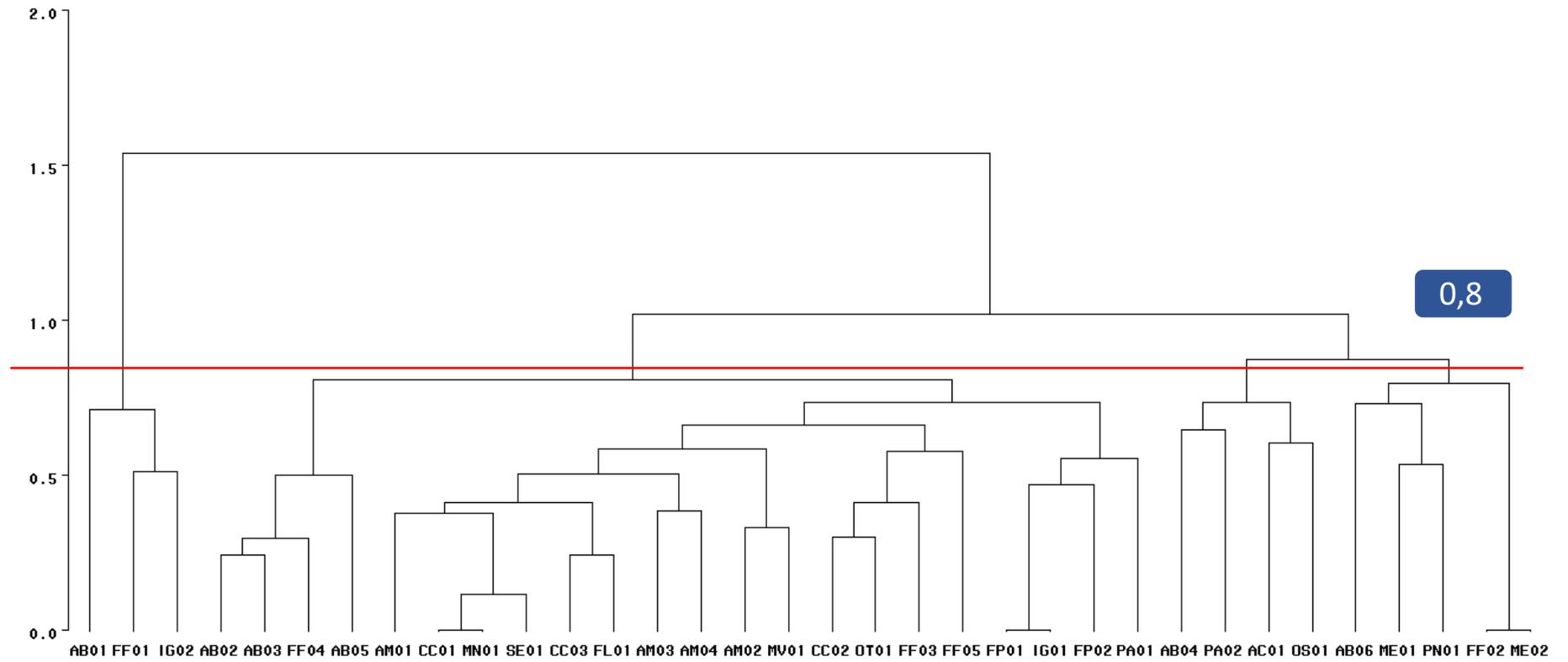
5.8 Análise multivariada dos dados das empresas

Para o cálculo dos valores percentuais de potencialidade, individuais e coletivos, foram pontuados dez critérios relacionados às três dimensões das empresas. Com bases nos valores elencados para os critérios, associados aos dados de localização das empresas e seu porte, foi possível realizar uma análise estatística multivariada da amostra analisada.

Cada critério, as zonas geográficas e o porte da empresa passaram a ser considerados como variáveis nesta parte do estudo (vide apêndice 2). Por meio das análises realizadas, pode-se verificar a existência de relação estatística das pontuações dos critérios e as percepções em campo sobre as empresas. Foram realizadas análise de agrupamentos, componentes principais e correlação entre as variáveis.

A análise de agrupamentos consiste na formação de grupos de indivíduos da amostra estudada pela existência de correlação positiva entre as variáveis estudadas. A partir da árvore de agrupamentos (figura 39) o pesquisador seleciona uma linha de corte para análise dos resultados. Considerando que os menores níveis de agrupamento estão entre as empresas com aspectos bem semelhantes e aquelas que compartilham o mesmo conjunto de instalações industriais, selecionou-se a faixa de corte de 0,8 para realização da análise, evitando agrupamentos muitos genéricos.

Figura 39 – Árvore de agrupamentos da amostra estudada



Fonte: o autor a partir do SAS (2019)

Nesta faixa de corte, se obtém quatro agrupamentos de empresa (tabela 7).

Tabela 7 – Empresas por *cluster* da análise de agrupamentos

AGRUPAMENTO	EMPRESAS
1	AB01, FF01 e IG02
2	AB02, AB03, FF04, AB05, AM01, CC01, MN01, SE01, CC03, FL01, AM03, AM04, AM03, MV01, CC02, OT01, FF03, FF05, FP01, IG01, FP02 e PA01
3	AB04, PA02, AC01 e OS01
4	AB06, ME01, PN01, FF02 e ME02

Fonte: o autor (2019).

Observa-se que, no primeiro agrupamento, estão as três empresas com maior potencialidade de SI, e que possuem um sistema de gestão ambiental e realizam atividades de SI não apenas por vantagens econômicas, mas em atendimento à política ambiental das empresas.

O segundo agrupamento compreende a maior parte das empresas da amostra. Ressalta-se que neste *cluster* encontram-se todas as microempresas da pesquisa, e aquelas com os menores resultados de potencialidade de SI. Neste grupo, são compreendidas as unidades que não tem articulação referente às práticas de gestão ambiental, realizam segregação dos resíduos gerados em maior volume para reprocessamento, sendo que esta atividade é dada como uma solução para a geração de resíduos, sem atuação na fonte geradora.

O terceiro agrupamento é composto por pequenas e médias empresas, de diferentes zonas da cidade, mas todas pertencentes a grupos empresariais. Característica comum entre estas é o fato de realizarem a segregação de resíduos de forma sistematizada e atuarem em conjunto com outras empresas do grupo a que pertencem. As empresas possuem atividades que podem ser caracterizadas como de SI: utilização de retalhos de confecção como estopa para atividades mecânicas (AC01), tratamento dos resíduos conjuntos com outras unidades empresariais do grupo (AB04, AC01 e PA02).

Também, é comum para estas unidades ações para a diminuição da geração de resíduos na fonte: atuação sobre atividades operacionais e de manejo da matéria prima (AB04) e otimização dos planos de corte de chapas metálicas para maior aproveitamento de matéria prima (AC01).

O último agrupamento compreende empresas com um percentual de potencialidade de SI acima da média da pesquisa, em torno de 60%. São empresas regionais que tem aspectos de gestão ambiental estruturados, pessoas e instalações físicas destinadas a segregação e reprocessamento de materiais, e apesar destes, atuam sobre a fonte geradora de resíduos. Estas unidades tem estabelecimento de parcerias de SI, e com potencialidade de parcerias locais que precisam ser exploradas.

Na análise de Componentes Principais (CP) é feita a representação das unidades estudadas com relação às CPs (que representam matematicamente aspectos da amostra de estudo) e das variáveis. Estas informações são plotadas em gráfico de dois ou três eixos. Nesta análise foram estabelecidas três CP's pelo procedimento de cálculo (tabela 8).

Tabela 8 – Constituição das componentes principais

Variável (Critério)	PCR1_5	PCR2_5	PCR3_5
Atores Envolvidos	0,7030	-0,3717	0,0555
Fontes de Financiamento	0,5485	0,2353	-,6422
Relações de troca e venda	0,7743	0,2302	-0,2463
Infraestrutura e transportes	0,6187	0,4849	0,1541
Serviços comuns	0,7743	-0,0457	0,2103
SGA	0,8413	-0,1992	-0,1802
Certificação ambiental	0,7686	-0,2468	0,2367
Gestão de resíduos sólidos	0,7367	0,2520	-0,3028
Gestão de efluentes	0,7908	-0,2805	0,2608
Potencialidade de SI	0,5347	-0,0076	-0,5751
Zona	-0,0290	0,8325	0,0675
Tamanho	0,8108	0,1369	-0,2007

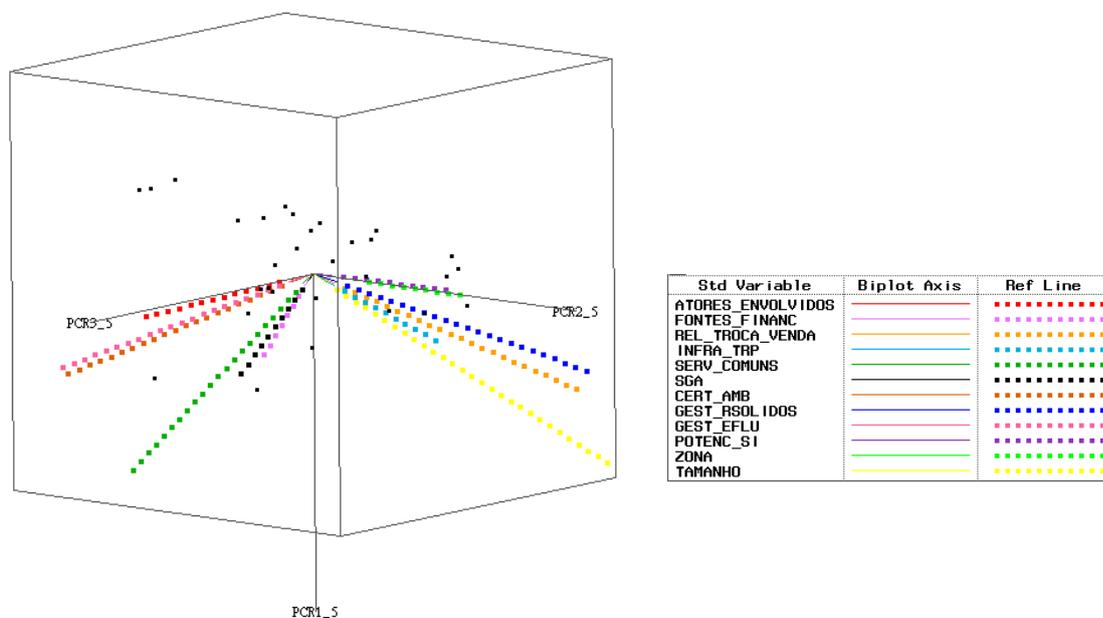
Fonte: o autor a partir do SAS (2019).

A primeira CP (PCR1_5) caracteriza as unidades pelo seu cenário com relação a existência ou não de um SGA, a utilização de serviços comuns e relações de troca e venda de resíduos. A segunda CP (PCR2_5) traz para si as empresas que pontuam aspectos relacionados

à infraestrutura de transportes e são localizadas nas mesmas zonas da cidade. Na última (PCR3_5), são associadas as características de baixo potencialidade de SI e lacunas com relação a gestão de resíduos sólidos.

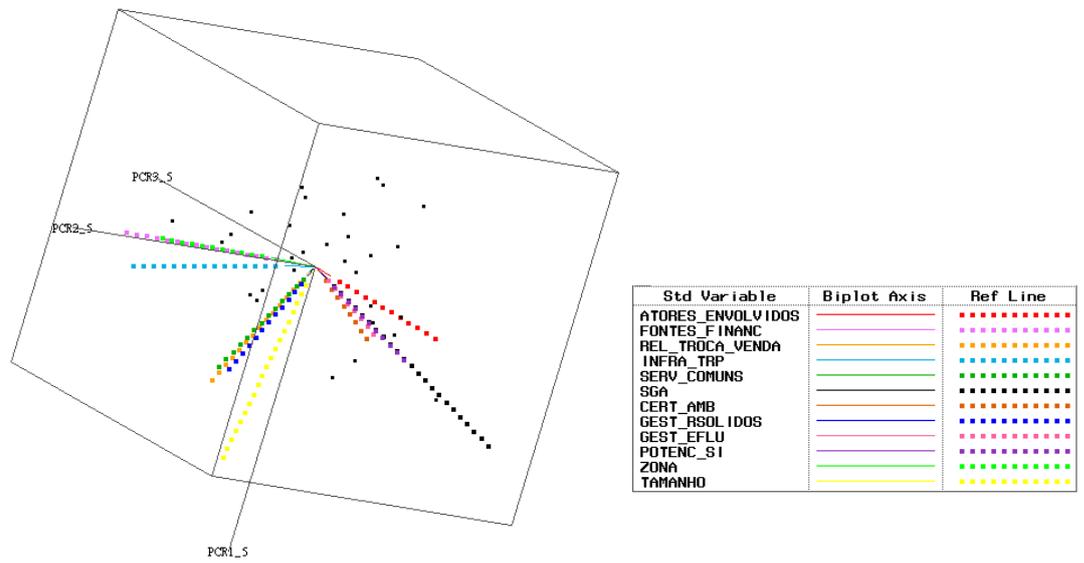
Nos gráficos de CP (figuras 40, 41 e 42) são representados as CPs como os eixos dos gráficos, as variáveis (critérios) analisados nas linhas coloridas, e pontos são as unidades estudadas. Quanto mais próxima de um eixo, mais características dessa CP a empresa possui. O mesmo é válido para a localização dos pontos com relação as variáveis, quanto mais perto de um eixo de uma variável um ponto se localizar, mais ele atende a este critério de estudo. Ressalta-se que as figuras 40, 41 e 42 são vistas diferentes do mesmo gráfico de CP.

Figura 40 – Análise de componentes principais da amostra, vista 1



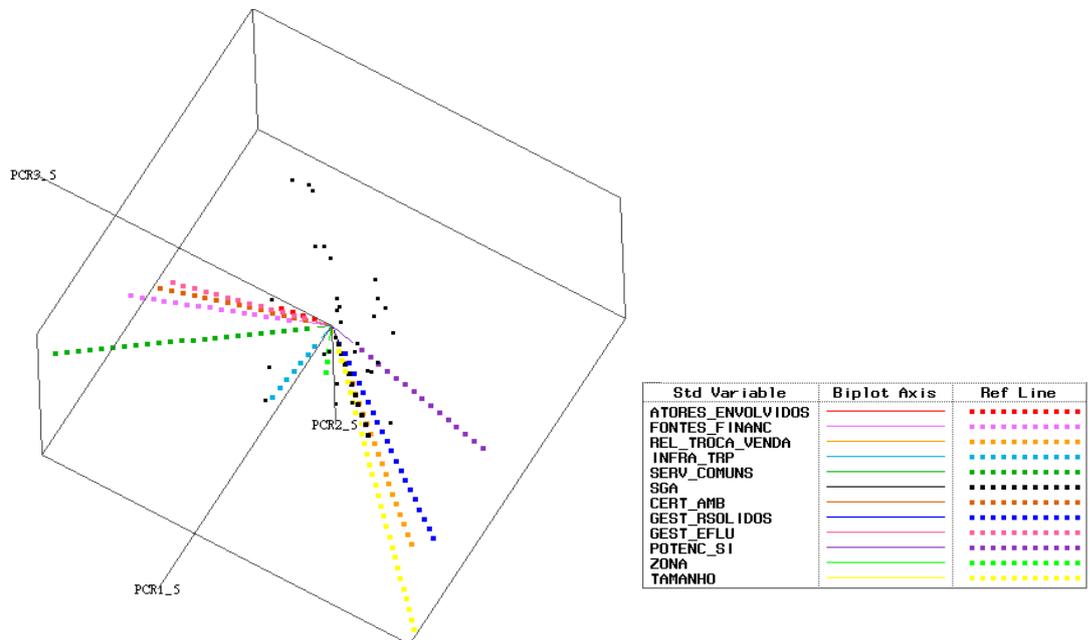
Fonte: o autor a partir do SAS (2019).

Figura 41 – Análise de componentes principais da amostra, vista 2



Fonte: o autor a partir do SAS (2019).

Figura 42 – Análise de componentes principais da amostra, vista 3



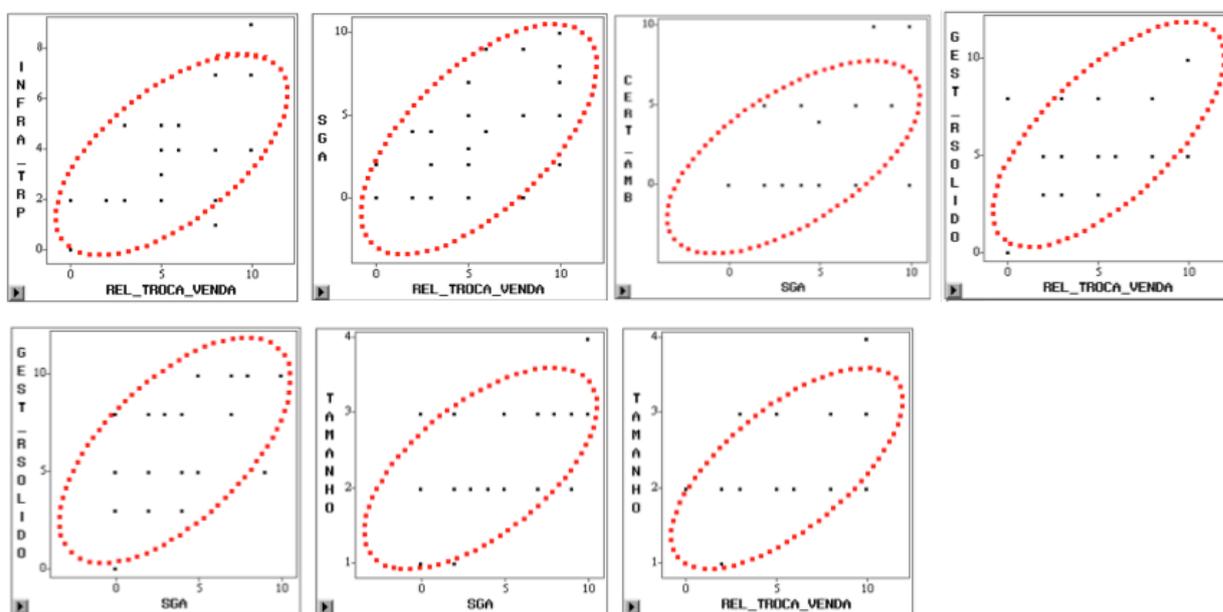
Fonte: o autor a partir do SAS (2019).

Analisando as figuras 40, 41 e 42, pode-se compreender que a maior parte das empresas não atendem ou atendem de maneira deficiente os critérios contemplados nesta pesquisa, o que é constatado pelo baixo percentual de SI de amostra total. Também, observa-se que as unidades, fora da área das variáveis, tendem à PCR3_5, ou seja, empresas com deficiência na gestão de seus resíduos e efluentes e aspectos relacionados à gestão.

As amostras com melhor percentual de potencialidade de SI localizam-se entre os eixos das variáveis, indicando empresas que tem práticas sistemáticas de gerenciamento de resíduos e efluentes, além de participarem de relações de SI. Os pontos mais distantes e afastados de todos os eixos são as microempresas com os mais baixos percentuais de potencialidade de SI. Partindo das análises realizadas, conclui-se que a análise de CP corrobora com outros aspectos já apresentados e discutidos nesta pesquisa.

Ao realizar análise das correlações entre as variáveis, foram gerados 144 gráficos de dispersão. Em poucos destes, foram identificados um nível de correlação forte entre as variáveis. A figura 43 apresenta os gráficos de dispersão que contem as correlações positivas mais expressivas entre as variáveis.

Figura 43 – Gráficos de dispersão das correlações entre as variáveis



Fonte: o autor a partir do SAS (2019)

A análise da correlação das variáveis aponta a existência de relação positiva entre a execução de atividades de troca de venda de subprodutos com a utilização de sistemas logísticos disponíveis e a existência de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na empresa. Além disso, indicou correlação positiva entre as empresas que possuem um SGA, certificações ambientais e uma boa gestão dos seus resíduos sólidos. Indicou, também, correlação neutra para os aspectos estudados na pesquisa, quando relacionados com as zonas da cidade. Como nenhum gráfico de dispersão apresentou uma correlação expressivamente forte entre as variáveis, infere-se que esta análise é a menos representativa entre as que foram realizadas.

5.10 Considerações sobre o capítulo

Nesta seção do trabalho, foram apresentados e discutidos os resultados relacionados à visita às empresas. Por meio destes é possível compreender que as unidades industriais de Teresina têm padrões bem distintos com relação às práticas de gestão ambiental e consequentemente sobre atividades de SI.

Observou-se que boa parte das empresas segregam e dão destinação adequada apenas para os resíduos gerados em maior volume. Os sistemas de gestão ambiental estruturados e certificações são buscados, em maioria, por empresas multinacionais instaladas em Teresina. A indústria local ainda tem poucas iniciativas isoladas de práticas de gestão ambiental e SI.

As práticas identificadas como SI ainda não são compreendidas como tal, e/ou como uma estratégia de SI. As empresas realizam estas atividades pela necessidade de destinação do alto volume de algum material e pela obrigatoriedade da apresentação dos certificados de destinação final para realização de transações de compra e vendas.

A inclusão das micro e pequenas empresas no grupo de empreendimentos que tem a gestão ambiental como diferencial estratégico requer, em primeira instância, uma melhoria da consciência ambiental e de estratégias facilitadoras para a atuação em conjunto. O compartilhamento de estruturas e sistema logístico para segregação e destinação adequada dos materiais, ajudam a dissolver os custos das operações, facilitando a adequação destas empresas com relação a estes aspectos.

Os parques industriais, assim delimitados pela Secretaria de Planejamento da cidade de Teresina (SENPLAN), funcionam de maneira desarticulada e assim como as zonas urbanas da cidade, apresentam um valor mediano de potencialidade de SI. A necessidade dos certificados de destinação final e/ou o desconhecimento das atividades das empresas próximas geograficamente fazem com que as relações existentes aconteçam com unidades fora do estado.

As relações simbióticas propostas pelo estudo, podem ser replicadas para empresas com atividades industriais semelhantes, mediante estudo de viabilidade técnica. Também, podem ser realizadas interações de SI com empresas da zona rural e da grande Teresina, mediante viabilidade econômico/financeira para o transporte e acondicionamento dos materiais.

A análise estatística multivariada corroborou diversos aspectos levantados e discutidos durante análise quali/quantitativa realizada até este ponto da pesquisa, apresentando grupos de empresas com características comuns e que a maior parte da amostra estudada tem a necessidade de adequar-se a aspectos relacionados à gestão ambiental dos processos produtivos.

6 CONCLUSÃO

A realização desta pesquisa buscou construir conhecimento sistemático sobre as atividades industriais de Teresina com relação a aspectos de gestão ambiental, procurando investigar a possibilidade do estabelecimento de SI entre as empresas. A revisão de literatura e análise cienciométrica apontou que a SI é uma das atividades pertencentes ao escopo da EC. Até então, existem poucas iniciativas nacionais relacionadas à SI, a maioria delas, assim como este trabalho, trata-se de estudos de viabilidade, uma vez que as empresas que realizam estas práticas, fazem por motivações econômico/financeiras e/ou pela necessidade de adequação legal.

Estes aspectos foram evidenciados na pesquisa de campo em se constatou-se que ainda existe um longo caminho a ser trilhado por pesquisadores, empresários e órgãos públicos para a disseminação da SI entre os setores da indústria e da sociedade. Vale ressaltar que pelas oportunidades de produção mais limpa, otimização de processos e diminuição de geração de resíduos não seja necessária, neste momento, uma massificação das práticas de simbiose industrial, mas a disseminação desta como ferramenta para otimização de processos e para benefícios ambientais após trabalhos de geração mínima de resíduos pelas empresas, evitando assim que a SI camufle a má gestão e manutenção dos processos produtivos.

Além da produção mais limpa, outras ferramentas como a logística reversa e as atividades propostas pelos SGAS (política ambiental, objetivos, metas, eficiência energética e outros) são norteadores de um conjunto de atividades que dão destinação aos materiais gerados sem destinação nos processos produtivos. Como já supracitado, deve se evitar que os materiais a serem incorporados nas trocas simbióticas, sejam aquelas gerados ou produzidos em excesso por aspectos do processo produtivo que precisam ser otimizados.

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) incide sobre a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, estabelece também uma ordem de prioridade de ações para com os materiais definidos como os “R’s”: reduzir, repensar, reaproveitar e reciclar. O que já deve funcionar como um padrão norteador para as empresas sobre como proceder com relação aos resíduos gerados.

Observa-se que pela própria PNRS o pensamento da destinação do material para fora das instalações da empresa já acontece após etapas de melhoramento dos processos de transformação. Apesar de pelo arcabouço conceitual, a simbiose industrial não envolver necessariamente apenas resíduos sólidos, estes instrumentos regulatórios já parametrizam uma

série de ações para as empresas estabelecerem práticas de economia circular. Ressalva-se que a atuação dos órgãos regulatórios e de fiscalização acontece de maneira incipiente.

A resultados que apresentam as potenciais trocas simbióticas, podem funcionar como um guia para as próximas ações que devem ser tomadas individualmente. A adoção das proposições de SI deste trabalho não garante a resolução de problemas relacionados a passivos ambientais e/ou a regularização da empresa em relação aos aspectos ambientais. Mas fornecem caminhos para a diminuição de deposição inadequada de alguns materiais. As relações de SI também implicam no estabelecimento de responsabilidade entre as partes envolvidos.

Diante do que foi exposto, sugere-se a realização de outras pesquisas que: possa contemplar um maior número de empresas, englobando também unidades produtivas da grande Teresina; realize a análise da distribuição espacial da indústria de Teresina e da concentração industrial como fator de potencialidade de SI; utilize a ferramenta *SYNERGIE* para avaliação técnico/financeira para o estabelecimento das relações de SI e; análise da percepção ambiental de gestores e funcionários das empresas sobre as práticas de gestão ambiental e de SI nas empresas.

A SI é uma grande ferramenta para geração de benefícios econômicos, ambientais e sociais, requer articulação conjunta e esforços empresariais aliados a uma visão sistêmica e estratégica dos gestores, sob o suporte do poder público e de entidades que possam fornecer o suporte técnico para as tomadas de decisões e avaliação das atividades de SI. Em algumas regiões do mundo ela é geradora de benefícios e fonte de rentabilidade para as empresas, em localidades como a cidade de Teresina, a SI já pode ser estabelecida em alguns conjuntos de unidades produtivas, mas não como uma prática solucionadora de problemas a ser estabelecida com alta prioridade, mas como um estágio seguinte a otimização da gestão dos processos produtivos.

Referências

- AMARAL, D.; ESPOSTO, K.; GABARRELL, X. Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 118, n. Abril, p. 54–64, 2016.
- AMON, R. Assessment of the Industrial Tomato Processing Water Energy Nexus A Case Study at a Processing Facility. In: **Journal of Industrial Ecology**. Yale University.v. 00, n. 0, p. 1–12, 2017.
- ANALYSIS, A. D. Lead In-Use Stock A Dynamic Analysis. v. 13, n. 1, 2009.
- ANDIAPPAN, V. et al. Analysis on the Relationship between Eco-Connectance and Economic Performance of an Eco-Industrial Park. **CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS**, v. 45, n. 2010, p. 1459–1464, 2015.
- ARAÚJO, R. N. DE; SILVEIRA, L. R. REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE ETA E ETE EM OBRAS DE ENGENHARIA Rodrigo Nobre de Araújo¹ Leonardo Ramos da Silveira² 1. **Revista técnica e tecnológica. Ciência Tecnologia e Sociedade**, v. 1, n. 2, 2017.
- BASTOS, F. M. C. COOPERATIVAS PARA AS EMPRESAS DO POLO EMPRESARIAL. **Monografia do curso de Engenharia de Produção, UFPI**, 2014.
- BELLANTUONO, N.; CARBONARA, N.; PONTRANDOLFO, P. The organization of eco-industrial parks and their sustainable practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, n. Set 2017, p. 362–375, 2017.
- BERKEL, R. VAN et al. Industrial and urban symbiosis in Japan : Analysis of the Eco-Town. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 3, p. 1544–1556, 2009.
- BILLEN, G.; TOUSSAINT, F.; PEETERS,.; SAPIR, M.; STEENHOUT, A.; VANDERBORGHT, J. P. **L'Ecosysteme Belgique**. Essai d'Ecologie Industrielle. Centre de Recherche et d'Information Socio-politique-CRISP, Bruxelles, 1983.
- BOIX, M. et al. **Benefits analysis of optimal design of eco-industrial parks through life cycle indicators**. [s.l.] Elsevier Masson SAS, 2017. v. 40
- CAMPOS, J. J. L. Análise de dormente polimérico reciclado como solução financeira viável para substituição de dormente de madeira dos AMV's da via permanente. 21 Semana de Tecnologia Metroferroviária. **Anais...2015**
- CAO, Z. et al. R E S E A R C H A N D A N A L Y S I S A Probabilistic Dynamic Material Flow Analysis Model for Chinese Urban. v. 0, n. 0, p. 1–15, 2017.
- CHAVES, P. **O Piauí nos 2010 anos da indústria gráfica brasileira**. 2 ed. Teresina: Grupo Harém de Teatro, 2018.
- CHEN, W.; GRAEDEL, T. E. In-use product stocks link manufactured capital to natural capital. v. 112, n. 20, 2015.
- CHERTOW, M. R. “Uncovering” Industrial Symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 1, p. 11–30, 2007.
- CHERTOW, M. R. **Industrial symbiosis: literature and taxonomy**. Annual Review of energy and Environment, v. 25, 2000.

CHERTOW, M. R.; ASHTON, W. S.; ESPINOSA, J. C. Industrial Symbiosis in Puerto Rico: Environmentally Related Agglomeration Economies. **Regional Studies**, v. 42, n. 10, p. 1299–1312, 2008.

CORREA, M. S. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2ª ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003. Disponível em: <
http://estpoli.pbworks.com/f/livro_probabilidade_estatistica_2a_ed.pdf> Acesso em: 16 de nov. 2017.

DAMASCENO, F. G.; FILIPE, J. DE FERRO CARAJÁS PARA A COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA *. **RCIAMB**, v. 45, n. Set 2017, p. 1–18, 2017.

DU, X.; GRAEDEL, T. E. Global Rare Earth In-Use Stocks in NdFeB Permanent Magnets. v. 15, n. 6, 2011a

ECKELMAN, M. J.; RECK, B. K.; GRAEDEL, T. E. Exploring the Global Journey of Nickel with Markov Chain Models. v. 00, n. 00, p. 1–9, 2011b

EHRENFELD, J.; CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: the legacy of Kalundborg.. In: AYRES, R. U.; AYRES, L. W. **A Handbook of Industrial Ecology**. Cheltenham, UK; Northampton MA, USA. Edward Elgar, 2005.

EMILIA, V.; SANTOS, N.; MAGRINI, A. Biorefining and industrial symbiosis : A proposal for regional development in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 177, p. 19–33, 2018.

ERKMAN, S. Industrial ecology : an historical view. In: **Journal of Cleaner Production** v. 5, n. 1, p. 3–6, 1997.

ERKMAN, S.; FRANCIS C.; RAMASWAMY R. **Ecologia Industrial**: uma agenda para a evolução do sistema industrial. São Paulo; Instituto Polis, 2005.

FALLDE, M.; EKLUND, M. Towards a sustainable socio-technical system of biogas for transport : € ping in Sweden the case of the city of Linköping. **Journal of Cleaner Production**, p. 1–12, 2014.

FIEA (Federação da Indústria do Estado do Paraná). Disponível em: <
<http://www.fiea.org.br>>. Acesso em: 07 set. 2018.

FIEMG (Federação da Indústria do Estado de Minas Gerais). Disponível em: <
<https://www7.fiemg.com.br>>. Acesso em: 05 set. 2018.

FIEP (Federação da Indústria do Estado do Paraná). Disponível em: <
<http://www.fiepr.org.br>>. Acesso em: 07 set. 2018.

FIEPI (Federação da Indústria do Estado do Piauí). Disponível em: < <https://fiepi.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2018.

FIEPI. Federação das Indústrias do estado do Piauí. **Guia Industrial do Piauí**. Teresina: FIEPI, 2014.

FILHO, O. N. **ESTUDO DO CONCRETO COM ADIÇÃO DO RESÍDUO PÓ-DE-SERRA DE EUCALYPTUS**. 69 Reunião anual da SBPC. **Anais...**Belo Horizonte/MG: 2017Disponível em:

<http://www.sbpcnet.org.br/livro/69ra/resumos/resumos/2248_1aea0276175ab569335d81c87ee612447.pdf>

FOEN, F. O. FOR THE E. **International survey on eco-innovation parks**. Bern, Suíça: FOEN, ECO-INNOVERA, 2014.

FREITAS, G. DE; COSTA, H. G.; FERRAZ, F. T. Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability : A survey study. v. 156, p. 262–275, 2017.

FROSCH, R. A.; GALLOPOULOS, N. E. Strategies for Manufacturing. **Scientific American**, v. 261, n. 3, p. 144–152, 1989.

GOMES, J. I.; SAMPAIO, S. S. Aproveitamento de Resíduos de Madeira em Três Empresas Madeireiras do Estado do Pará. **Boletim Técnico 102 Embrapa**, p. 1–5, 2004.

GRAEDEL, T. E. Grand Challenges in Metal Life Cycles. **Natural Resources Research**, 2017.

GRAEDEL, T. E. **ON THE CONCEPT OF INDUSTRIAL ECOLOGY** Introducing the Concepts. p. 69–98, 1996.

GUEST, G.; CHERUBINI, F.; STRØMMAN, A. H. Global Warming Potential of Carbon Dioxide Emissions from Biomass Stored in the Anthroposphere and Used for Bioenergy at End of Life. **Journal of Industrial Ecology**, v. 00, n. 00, p. 1–11, 2013.

GURDIL, G.; DEMIREL, B. Design and construction of a hydraulic briquetting machine for hazelnut husk agricultural residue. In: **Proceedings of 58th International Conference of Machine Design departments (ICMD 2017)**. Czech Univ Life Sci, Fac Engn, Prague, CZECH REPUBLIC. p. 104-109. 2017

GUSSOW, D.; MEYERS, J. **Industrial Ecology**, 1970.

HARPER, E. M. et al. Criticality of the Geological Zinc , Tin , and Lead Family. v. 19, n. 4, 2015c.

HARPER, E. M. et al. Resources , Conservation and Recycling The criticality of four nuclear energy metals. “**Resources, Conservation & Recycling**”, v. 95, p. 193–201, 2015e.

HOFFMAN, C.; SHAPERO, A. Providing the industrial ecology required for the survival and growth of small technical companies. An action program for the Ozarks Region. **Report prepared for the Ozarks Regional Commission**. Multi-Disciplinary Research. Inc., Austin, 1971.

IS (International Synergies). Disponível em: < <https://www.international-synergies.com>>. Acesso em: 05 set. 2018.

JELINSKI, L. W. et al. **Industrial ecology: Concepts and approaches**. v. 89, n. February, p. 793–797, 1992.

JENSEN, P. D. et al. Resources , Conservation and Recycling Quantifying ‘ geographic proximity ’: Experiences from the United Kingdom ’ s National Industrial Symbiosis Programme. “**Resources, Conservation & Recycling**”, v. 55, n. 7, p. 703–712, 2011.

JENSEN, P. D. Resources , Conservation and Recycling The role of geospatial industrial diversity in the facilitation of regional industrial symbiosis. “**Resources, Conservation & Recycling**”, v. 107, p. 92–103, 2016.

JÚNIOR, E. F. C. et al. INDÚSTRIA MOVELEIRA E RESÍDUOS SÓLIDOS: CONSIDERAÇÕES PARA O EQUILÍBRIO AMBIENTAL. **Revista Educação & Tecnologia . Curitiba , Editora do CEFET.**, v. 8, p. 209–228, 2004.

KAPUR, A.; GRAEDEL, T. E. Industrial Ecology. In: **Enciclopedia of Energy**. v. 3, n. 4, p. 355-364, 2004.

KATHLEEN, A. et al. P-graph for Optimising Industrial Symbiotic Networks. **CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS**, v. 45, n. 1981, p. 1345–1350, 2015.

KERMANI, M. et al. **A Hybrid Methodology for Combined Interplant Heat , Water , and Power Integration**. [s.l.] Elsevier Masson SAS, 2017. v. 40

LASO, J.; VAZQUEZ-ROWE, I.; MARGALHO, M.; CRUJEIRAS, R. M.; IRABIEN, A.; ALDACO, RÚBEN. Life cycle assessment of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) landed by purse seine vessels in northern Spain. In: **Int J Life Cycle Assess**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017.

Lauritzen, E. K. THE GLOBAL CHALLENGE OF RECYCLED CONCRETE. **Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete Aggregate**. January 1998, p. 505-519, 2018.

LEARY, Thomas E. Shadows in the Cave: Industrial Ecology and Museum Practice. **The Public Historian**, v. 11, n. 4, p. 39-60, 1989.

LEONG, Y. T. et al. Multi-objective optimization for resource network synthesis in eco-industrial parks using an integrated analytic hierarchy process. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, n. Feb 2017, p. 1268–1283, 2016.

LIFSET, R. 3D Printing and Industrial Ecology. v. 00, n. 0, p. 1–3, 2017a.

LIFSET, R.; DOMAINS, M. A.; ENVIRONMENTAL, T. Environmental Dimensions of Additive Manufacturing. v. 00, n. 0, p. 1–20, [s.d.] 2017b.

LIFSET, R.; GRAEDEL, T. E. Industrial ecology: goals and definitions. In: AYRES, R. U.; AYRES, L. W. **A Handbook of Industrial Ecology**. Cheltenham, UK; Northampton MA, USA. Edward Elgar, 2005.

LIFSET, R.; GRAEDEL, T. E. Industrial ecology: goals and definitions. In: AYRES, R. U.; AYRES, L. W. **A Handbook of Industrial Ecology**. Cheltenham, UK; Northampton MA, USA. Edward Elgar, 2005.

LIMA, G. F. DE et al. **DORMENTES POLIMÉRICOS**. CONIC - SEMESP, 14 Congresso Nacional de Iniciação Científica. **Anais...**2014

LIMA, G. M.; OLIVEIRA, J. M.; BIEREI, L. O.; TEIXEIRA, P. T. **Desenvolvimento de um sistema de informações em resíduos como ferramenta para a prática de simbiose industrial em arranjos produtivos locais**. CNTL/SENAI/RS, Porto Alegre, 2014.

- LIMA, L. B. **ANÁLISE DAS RELAÇÕES DE ECOLOGIA INDUSTRIAL NO POLO PRODUTIVO SUL DE TERESINA**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção), UNIFSA, Teresina, PI, Brasil, 2014.
- LIMA, R. M. M. et al. ELETROFLOTAÇÃO UTILIZANDO ELETRODOS INERTES DE. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...Fortaleza/CE: 2016**
- LISSETH, C. et al. Biomass and Bioenergy Production and characterization of coffee-pine wood residue briquettes as an alternative fuel for local firing systems in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 123, n. February, p. 70–77, 2019.
- MAGALY, S. et al. Steel slag and iron ore tailings to produce solid brick. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 20, n. 5, p. 1087–1095, 2018.
- MAIER, R. I. **Logística Reversa : Gerenciamento Ambiental de Resíduos Gráficos - um Estudo em uma Microempresa de Sc**. SEGeT 2014, XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Anais...2014**
- MAMOUNE, A.; YASSINE, A. Creating an Inductive Model of Industrial Development with Optimized Flows for reducing its Environmental Impacts. **Energy Procedia**, v. 6, p. 396–403, 2011.
- MANDERSON, E. J.; CONSIDINE, T. J. An Economic Perspective on Industrial Ecology. In. **Review of Environmental Economics and Policy**. Oxforde University. p. 1-22, 2018.
- MANTESE, G. C. et al. A Procedure to Validate Industrial Symbiosis Indicators Combining Conceptual and Empirical Validation Methods. **Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries**, p. 166–175, 2016.
- MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. THE USE OF SAWDUST IN A LITTLE COMPOUNDER SYSTEM. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 12, n. 7, p. 355–360, 2001.
- MARTINS, J. C. **GESTÃO DE PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA CERÂMICA: SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E SIMBIOSE INDUSTRIAL**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção), CT/UFPI, Teresina, PI, Brasil, 2017.
- MERLI, R.; PREZIOSI, M.; ACAMPORA, A. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, n. Mar 2018, p. 703–722, 2018.
- MOLIN, D. C. C. D.; LIMA, F. B. DE. Resistência e Durabilidade de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados Provenientes de Resíduos de Construção e Demolição. **Engenharia Civil - UM**, v. 19, p. 5–18, 2004.
- NASSAR, N. T.; DU, X.; GRAEDEL, T. E. Criticality of the Rare Earth Elements. v. 00, n. 0, 2015b.
- NIEDZIÓŁKA, I. et al. Effect of biomaterials and working pressure of a briquetting machine on physical characteristics and energy consumption of briquette production. **Contemporary Research Trends in Agricultural Engineering**, v. 02024, p. 1–4, 2018.
- OBERLAENDER, Roberta Guarany. **Análise de Desenvolvimento de sistemas de SimbioseIndustrial: Proposta de Implementação a partir do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro**(COMPERJ). Dissertação de Mestrado UFRJ, 2016.

OCHOA, C. **Qual é o tamanho da amostra que eu preciso?** Disponível em: <<https://www.netquest.com/blog/br/blog/br/qual-e-o-tamanho-de-amostra-que-preciso>>. Acesso em: 15 de nov. 2017.

OLIVEIRA, F. R. DE et al. Resources , Conservation & Recycling Challenges and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 135, n. August 2018, p. 202–209, 2017.

ORMAZABAL, M. et al. Circular Economy in Spanish SMEs : Challenges and Opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, n. June 2018, p. 157–167, 2018.

PACHECO, Jossivaldo de Carvalho; MOITA NETO, José Machado; SILVA, Elaine Aparecida da. Desempenho ambiental da produção de ração para frango de corte no Piauí. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 23, n. 4, p. 707-716, ago. 2018.

PAGOROPOULOS, A. et al. Economic and Environmental Impact Trade-Offs Related to In-Water Hull Cleanings of Merchant Vessels. v. 0, n. 0, p. 1–14, 2017.

PAIXÃO, L. C. C. ; YOSHIMURA, H. N. ; ESPINOSA, D. C. R. ; TENÓRIO, J. A. S. . Efeito da incorporação de lodo de ETA contendo alto teor de ferro em cerâmica argilosa. *Cerâmica* (São Paulo. Impresso), v. 54, p. 63-78, 2008.

PAKARINEN, S. et al. Sustainability and industrial symbiosis-The evolution of a Finnish forest industry complex. In: **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 12, p. 1393–1404, 2010.

PATRICIO, J. et al. Enabling industrial symbiosis collaborations between SMEs from a regional perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, p. 1120–1130, 2018.

PEREY, R.; BENN, S.; EDWARDS, M. **The place of waste** : Changing business value for the circular economy. n. February 2016, p. 631–642, 2018.

PMSI (Programa Mineiro de Simbiose Industrial). Disponível em: <<http://www.fiemg.org.br/Default.aspx?alias=www.fiemg.org.br/nispr>>. Acesso em: 07 set. 2018.

PRAKASH, C.; BARUA, M. K. fuzzy environment. **Journal of Manufacturing Systems**, p. 1–17, 2015.

RAO, A.; JHA, K. N.; MISRA, S. Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. **Res**, v. 50, p. 71–81, 2007.

REID, L. et al. Nullius in Verba 1. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 1, p. 6–17, 2018.

RENZULLI, P. A. et al. Life Cycle Assessment of Steel Produced in an Italian Integrated Steel Mill. **Sustainability**, v. 8, n. 719, p. 1–15, 2016.

SAAVEDRA, Y. M. B. et al. Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

SANTOS, F. DOS. **MADEIRA NAS PROPRIEDADES TÉCNICAS DE CERÂMICA FILIPE DOS SANTOS UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF**. Dissertação de Mestrado Engenharia e Ciência dos Materiais. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF, 2016.

SANTOS, S. B. J. S. DOS et al. EM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO DE. **Inter Scientia**, v. 4, n. 2, p. 137–151, 2016.

SCHANDL, H. et al. Global Material Flows and Resource Productivity. v. 22, n. 4, p. 827–838, 2017.

SENA, R. G. **ENTULHO RETIRADO DA MALHA FERROVIÁRIA BRASILEIRA** : Reutilização do dormente. Monografia curso de especialização em Construção Civil da UFMG, 2016.

SENAIRS. **Plano de sensibilização do Projeto Simbiose Industrial para os Arranjos Produtivos Locais do Rio Grande do Sul**. 2014. Disponível em: <<http://www.sdect.rs.gov.br/upload/arquivos/carga20170526/04092654-1426533710-plano-20de-20sensibiliza-c3-a7-c3-a3o.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2018.

SHI, H., CHERTOW, M., SONG, Y., Developing country experience with eco- industrial parks: a case study of the Tianjin Economic-Technological Development Area in China, **Journal of Cleaner Production** V.18. EUA, 2009.

SIBR (Sistema Integrado de Bolsas de Resíduos). Disponível em: <http://www.sibr.com.br/sibr/index_cni.jsp>. Acesso em: 05 set. 2018.

SILVA, D. A. L.; OLIVEIRA, J. A.; SAAVEDRA, Y. M. B.; OMETTO, A R.; PONS, J. R.; DURANY, X. G. Combined MFA and LCA approach to evaluate the metabolism of service polygons: A case study on a university campus. In: **Resources, conservation and recycling**. Vol. 94, pag 157-168, 2015.

SILVA, E. A.; MOITA NETO, J. M. Pesquisando o setor moveleiro de Teresina. In: **Sapiência**. N. 25, p. 8; Set 2010.

SILVA, V. C. et al. **TRATAMENTO DE EMULSÕES ÓLEO/ÁGUA UTILIZANDO A ARGILA VERMICULITA HIDROFOBIZADA**. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 06 a 10 de Novembro de 2016, Natal, RN, Brasil. **Anais...2016**

SILVA, WEINMANN PIERRESCHMITZ, S. et al. **Recuperação do pigmento e resina provenientes da recuperação de solventes das indústrias gráficas**. XI Salão de Iniciação Científica PUCRS. **Anais...2010**

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

SOULIER, M. et al. The Chinese copper cycle: Tracing copper through the economy with dynamic substance flow and input-output analysis. **Journal of Cleaner Production**, 2018.

SOUZA, DEJAIR MENDOCA, FABRICIO MOLICA; ALVES NUNES, KATIA REGINA. Environmental and Socioeconomic Analysis of Producing Biodiesel from Used Cooking Oil in Rio de Janeiro The Case of the Copacabana District. v. 00, n. 00, p. 1–10, 2012.

SUN, L. et al. Eco-benefits assessment on urban industrial symbiosis based on material flows analysis and emergy evaluation approach: A case of Liuzhou city, China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 119, 2017.

- TAN, R. R. et al. An Optimization-Based Cooperative Game Approach for Allocation of Costs and Benefits in Interplant Process Integration. **CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS**, v. 45, p. 403–408, 2015.
- TANIMOTO, A. H. **Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari**. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo). Escola Politécnica, UFBA, Salvador, BA, Brasil, 2004.
- TAVARES, E. D. **A REALIZAÇÃO DE SIMBIOSE NO DISTRITO INDUSTRIAL DE TERESINA-PI**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), TROPEN/UFPI, Teresina, PI, Brasil, 2018.
- TAVARES, M. E. E. **Um Estudo do Conceito de Ecologia Industrial e sua Aplicação ao Setor Cimenteiro Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1999.
- TAYLOR, T. B.; HUMPSTONE, C. **The restoration of the Earth**. Harper and Row, New York, 1972.
- TEENG, Y. et al. Fuzzy analytic hierarchy process and targeting for inter-plant chilled and cooling water network synthesis. **Journal of Cleaner Production**, v. 110, p. 40–53, 2016.
- THOMSEN, M. et al. Comparative life cycle assessment of biowaste to resource management systems – A Danish case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. January 2017, p. 4050–4058, 2016.
- TIBBS, H. **Industrial Ecology**. An Environmental Agenda for Industry. Global Business Network, Emeryville, CA, 1993.
- TRAMA, C.P. **Um estudo sobre Ecologia Industrial e avaliação da possibilidade de adaptação e transformação de Distritos Industriais em Parques Industriais Ecológicos: o caso do Município de Vespasiano, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Produção, UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil, 2014.
- UBANDO, A. T. et al. Fuzzy Mathematical Programming Approach in the Optimal Design of an Algal Bioenergy Park. **CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS**, v. 45, p. 355–360, 2015.
- VALE. Dormentes usados da EFVM dão origem a carvão vegetal de alta qualidade. 2013. 2017Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/dormentes-usados-da-efvm-dao-origem-a-carvao-vegetal-de-alta-qualidade.aspx>
- VALENZUELA-VENEGAS, G.; HENRÍQUEZ, F.; MONTASTRUC, L. **Resilience Study Applied in Eco-Industrial Parks**. [s.l.] Elsevier Masson SAS, 2017. v. 40
- VALLE, R. **Environmental and Socioeconomic Analysis of Producing Biodiesel from Used Cooking Oil in Rio de Janeiro The Case of the Copacabana District**. v. 00, n. 00, p. 1–10, 2012.
- VELENTURF, A. P. M.; JENSEN, P. D. Promoting Industrial Symbiosis: Using the Concept of Proximity to Explore Social Network Development. **Journal of Industrial Ecology**, v. 20, n. 4, p. 700–709, 2016.

WEISZ, H.; SUH, S.; GRAEDEL, T. E. Industrial Ecology : The role of manufactured capital in sustainability. v. 112, n. 20, 2015a

YAP, N. T.; DEVLIN, J. F. Explaining Industrial Symbiosis Emergence, Development, and Disruption: A Multilevel Analytical Framework. **Journal of Industrial Ecology**, v. 00, n. 0, p. 1–10, 2016.

YAZAN, D. M. et al. Cooperation in manure-based biogas production networks : An agent-based modeling approach. **Applied Energy**, v. 212, n. December 2017, p. 820–833, 2018.

YUCHIRO, K. et al. A design of rural energy system by industrial symbiosis considering availability of regional resources158 . **Proceedings SCAPE 27**, v. 3, p. 1987–1992, 2017.

ZHANG, Y.; ZHENG, H.; FATH, B. D. Ecological network analysis of an industrial symbiosis system: A case study of the Shandong Lubei eco-industrial park. **Ecological Modelling**, v. 306, p. 174–184, 2015.

ZHENG, K; JIA, S. EXPLORING THE STRATEGIES FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS DEVELOPMENT EXPERIENCE FROM THE COMPARATIVE CASE STUDIES. In: 12th International Conference on Industrial Management, 2014. Chengdu. **ICIM2014: PROCEEDINGS OF THE TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL MANAGEMENT**. Chengdu. 2014.

ZHENG, K.; JIA, S. Promoting the Opportunity Identification of Industrial Symbiosis : Agent-Based Modeling Inspired by Innovation Diffusion Theory. **Sustainability**, v. 9, n. 765, p. 1–24, 2017.

APÊNDICE 1

Roteiro de observação e entrevista semiestruturada

a) ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI	
Simbiose Industrial em Teresina – Luis Henrique dos Santos e Elaine Aparecida da Silva	
Este roteiro de observação tem como objetivo nortear os itens que devem ser observados durante as visitas técnicas para obtenção de informações pertinentes ao trabalho.	
1ª PARTE: Sobre a empresa	
Sobre a empresa	<ul style="list-style-type: none"> - Natureza do negócio; - Produtos produzidos; - Quantidade de funcionários (por área); - Turnos de funcionamento; - Áreas de atuação (CNPJ); - Outras dúvidas que venham a surgir
Sobre o processo produtivo	<ul style="list-style-type: none"> - Setores produtivos; - Processos produtivos; - Matérias primas (origem, caracterização, transporte); - Materiais intermediários de produção (MIP);
2ª PARTE: Sobre cada processo produtivo	
Observações in loco (obs: as tarefas estão elencadas em ordem de prioridade)	<p>Para cada processo produtivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar todos os processos, entradas, saídas e volumes de cada etapa do processo produtivo conforme tabela para coleta de dados para construção do gráfico de fluxo de processo; - Identificar procedimentos e atividades realizadas com embalagens das matérias primas e MIP. - Identificar procedimentos de triagem e análise das matérias primas e MIP; - Identificar atividade dos operadores como análises, verificação de parâmetros e etc; - Identificar o fluxo de descartes de todos os materiais envolvidos em cada equipamento e a quantificação dos volumes; - Identificar destino dos resíduos e rejeitos de produção (e volumes);

	- Identificar atividades realizadas com materiais de inícios e final de produção;
--	---

b) ORIENTAÇÕES PARA ENTREVISTAS NÃO ESTRUTURADAS

Tópicos a serem discutidos:

- Como a empresa define seu planejamento de produção?
- Atividades de gestão ambiental da empresa: práticas, certificações, campanhas educativas (internas e externas), atividades com a sociedade;
- Departamento ou pessoal dedicado para atividade de gestão ambiental, ou se estas são terceirizadas;
- Licenciamento ambiental (é licenciada, por quem, qual órgão, como acontece o processo, quem é o responsável);
- Trocas de materiais entre os processos produtivos existentes;
- Qual a motivação para essas práticas, quando iniciou, se houveram modificações;
- Se deixou de comprar alguma matéria prima para execução dessas práticas?;
- Houve alguma alteração dos processos produtivos?;
- Foram gerados novos postos de trabalho ou novos empregos?
- Existe o envolvimento da comunidade local em alguma destas atividades?
- Alguma dessas práticas foram descontinuadas?;
- Quais os aspectos positivos que a empresa percebe que tem com essas práticas;
- A empresa tem interesse que a sociedade e os consumidores saibam dessas práticas?;
- A empresa utiliza estas atividades em algum tipo de “marketing verde”?
- Como a empresa trabalha com a comunidade local?

APÊNDICE 2

Data base formado pelas pontuações dos critérios nas empresas estudadas e outras características.

Setor	Código no Trabalho	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Soma	Zona	Preal	Preal (%)	Tamanho
AB	AB01	6	10	10	9	10	10	10	10	10	10	95	DI Sul	9,4688	94,69%	Grande
AB	AB02	3	5	0	2	0	0	0	0	0	2,5	5	Sul	1,76415	17,64%	Micro
AB	AB03	3	5	0	2	0	0	0	0		5	15	Sul	1,5289	16,99%	Micro
AB	AB04	3	5	10	7	2,5	2	5	5		10	49,5	Sudeste	5,07495	56,39%	Média
AB	AB05	3	5	3	5	0	0	0	2,5		5	23,5	Norte	2,3521	26,13%	Pequena
AB	AB06	6	5	5	4	0	5	4	10	6	10	55	Sul	5,7043	57,04%	Média
AC	AC01	3	5	8	1	5	9	5	5		10	51	Sul	5,3285	53,29%	Média
AM	AM01	3	5	2	2	0	4	0	2,5		10	28,5	Sul	2,9757	29,76%	Pequena
AM	AM02	3	5	0	2	0	2	0	7,5		5	24,5	Centro	2,5757	25,76%	Micro
AM	AM03	3	5	5	2	0	3	0	7,5		10	35,5	Sudeste	3,8341	38,34%	Pequena
AM	AM04	3	5	3	5	0	4	0	7,5		10	37,5	PE Sul	3,8577	38,58%	Pequena
CC	CC01	3	5	3	2	0	0	0	5		10	28	Sudeste	3,0577	33,97%	Pequena
CC	CC02	3	5	3	5	5	2	0	5		10	38	Sudeste	3,9284	43,65%	Pequena
CC	CC03	3	5	5	2	0	2	0	2,5		10	29,5	Zona Rural	3,1637	35,15%	Média
FF	FF01	6	5	10	4	5	10	10	10	10	10	80	Norte	8,1748	81,75%	Média
FF	FF02	6	5	10	4	5	10	0	10	6	10	66	Sudeste	6,8574	68,57%	Média
FF	FF03	6	5	5	3	5	0	0	5		10	66	Sudeste	6,8574	68,57%	Pequena
FF	FF04	5	5	0	0	0	0	0	0		5	39	Sul	4,234	42,34%	Pequena
FF	FF05	5	5	5	4	5	7	0	7,5		10	48,5	PE Sul	5,046	50,46%	Média
FL	FL01	3	5	5	2	0	0	0	2,5		10	27,5	DI Sul	2,9989	29,99%	Pequena
FP	FP01	3	5	8	7	0	0	0	7,5		5	35,5	DI Sul	3,6457	40,51%	Pequena
FP	FP02	3	5	8	2	0	0	0	5		5	28	DI Sul	3,0577	33,97%	Pequena
IG	IG01	3	5	8	7	0	0	0	7,5		5	35,5	DI Sul	3,6457	40,51%	Pequena
IG	IG02	5	5	10	7	7,5	8	10	10	6	10	78,5	Sul	7,95715	79,57%	Média
ME	ME01	6	5	10	4	5	10	0	10	6	10	66	Sudeste	6,8574	68,57%	Média
MN	MN01	3	5	3	2	0	0	0	5		10	28	Sudeste	3,0577	33,97%	Pequena
MV	MV01	3	5	2	2	0	0	0	5		5	22	Centro	2,3521	23,52%	Micro
OS	OS01	6	5	6	5	0	9	5	5		10	51	Sudeste	5,1518	51,52%	Pequena
OT	OT01	3	5	5	5	5	3	0	7,5		10	43,5	Sudeste	4,54	45,40%	Pequena
PA	PA01	3	5	8	4	0	5	0	5		5	35	Sul	3,5873	35,87%	Pequena
PA	PA02	5	5	6	4	5	4	5	5		5	44	Centro	4,5049	45,05%	Pequena
PN	PN01	5	5	10	4	0	7	5	10		10	56	Sul	5,869	65,21%	Pequena
SE	SE01	3	5	3	2	0	0	0	5		10	28	Sul	3,0577	30,58%	Média

APÊNDICE 3

Algoritmo utilizado para análise estatística multivariada no *SAS*.

```

data ANALISELU2;
input LABEL $ EMP $ 3-14 ATORES_ENVOLVIDOS FONTES_FINANC REL_TROCA_VENDA INFRA_TRP
SERV_COMUNS SGA CERT_AMB GEST_RSOLIDOS GEST_EFLU POTENC_SI ZONA TAMANHO;
cards;
AB01 AB01 6 10 10 9 10 10 10 10 10 10 5 4
AB02 AB02 3 5 0 2 0 0 0 0 0 3 5 2 1
AB03 AB03 3 5 0 2 0 0 0 0 0 0 5 2 1
AB04 AB04 3 5 10 7 3 2 5 5 0 10 3 3
AB05 AB05 3 5 3 5 0 0 0 0 3 0 5 1 2
AB06 AB06 6 5 5 4 0 5 4 10 6 10 2 3
AC01 AC01 3 5 8 1 5 9 5 5 0 10 2 3
AM01 AM01 3 5 2 2 0 4 0 3 0 10 2 2
AM02 AM02 3 5 0 2 0 2 0 8 0 5 4 1
AM03 AM03 3 5 5 2 0 3 0 8 0 10 3 2
AM04 AM04 3 5 3 5 0 4 0 8 0 10 6 2
CC01 CC01 3 5 3 2 0 0 0 5 0 10 3 2
CC02 CC02 3 5 3 5 5 2 0 5 0 10 3 2
CC03 CC03 3 5 5 2 0 2 0 3 0 10 7 3
FF01 FF01 6 5 10 4 5 10 10 10 10 1 3
FF02 FF02 6 5 10 4 5 10 0 10 6 10 3 3
FF03 FF03 6 5 5 3 5 0 0 5 0 10 3 2
FF04 FF04 5 5 0 0 0 0 0 0 0 5 2 2
FF05 FF05 5 5 5 4 5 7 0 8 0 10 6 3
FL01 FL01 3 5 5 2 0 0 0 3 0 10 5 2
FP01 FP01 3 5 8 7 0 0 0 8 0 5 5 2
FP02 FP02 3 5 8 2 0 0 0 5 0 5 5 2
IG01 IG01 3 5 8 7 0 0 0 8 0 5 5 2
IG02 IG02 5 5 10 7 8 8 10 10 6 10 2 3
ME01 ME01 3 5 10 7 0 5 0 10 0 10 3 3
ME02 ME02 6 5 10 4 5 10 0 10 6 10 3 3
MN01 MN01 3 5 3 2 0 0 0 5 0 10 3 2
MV01 MV01 3 5 2 2 0 0 0 5 0 5 4 1
OS01 OS01 6 5 6 5 0 9 5 5 0 10 3 2
OT01 OT01 3 5 5 5 5 3 0 8 0 10 3 2
PA01 PA01 3 5 8 4 0 5 0 5 0 5 2 2
PA02 PA02 5 5 6 4 5 4 5 5 0 5 4 2
PN01 PN01 5 5 10 4 0 7 5 10 0 10 2 2
SE01 SE01 3 5 3 2 0 0 0 5 0 10 2 3
;
proc print;
proc cluster method=ave outtree=LUIS;
var ATORES_ENVOLVIDOS FONTES_FINANC REL_TROCA_VENDA INFRA_TRP SERV_COMUNS SGA
CERT_AMB GEST_RSOLIDOS GEST_EFLU POTENC_SI ZONA TAMANHO;
id LABEL;
run;
*%dendro;
proc tree data=LUIS;
run;

```