

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM SIMBIOSES INDUSTRIAIS: UMA ANÁLISE SOBRE A LITERATURA CIENTÍFICA

Alfred Douglas Drahein

Graduação em Administração com Ênfase em Marketing. Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Pato Branco.
E-mail: douglasdrahein@yahoo.com.br

Sandro Cesar Bortoluzzi

Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Professor do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco.
E-mail: scbortoluzzi@gmail.com

Resumo

Um segmento da ecologia industrial conhecida como simbiose industrial envolve indústrias tradicionalmente separadas em uma abordagem coletiva para a vantagem competitiva que envolvam troca física de materiais, energia, água e subprodutos; contribuindo significativamente para a sustentabilidade das empresas. O método utilizado é o Knowledge Development Process–Constructivist (ProKnow-C), e o processo é constituído de três etapas, sendo o processo de busca, bibliometria e análise sistêmica. O objetivo geral dessa pesquisa é aplicar uma metodologia estruturada para selecionar artigos de relevância científica sobre o tema avaliação de desempenho em simbioses industriais. Por meio da seleção de artigos em periódicos internacionais envolvendo a temática avaliação de desempenho em simbioses industriais chegou-se ao portfólio de 15 artigos, de modo geral as pesquisas sobre avaliação de desempenho em ecossistemas industriais simbióticos são recentes na literatura e países como EUA, China, Suécia, Dinamarca e Coréia do Sul apresentam importantes iniciativas para esse contexto.

Palavras-chave: Ecologia Industrial. Simbiose Industrial. Produção Industrial Sustentável.

Abstract

A segment of industrial ecology known as industrial symbiosis involves industries traditionally separated into a collective approach to competitive advantage involving physical exchange of materials, energy, water and by-products; contributes significantly to the sustainability of companies. The method used is, Knowledge Development Process-Constructivist (ProKnow-C), the process consists of three stages, with the search process, bibliometrics and systemic analysis. The overall objective of this research is to apply a structured methodology to select relevant scientific articles on the subject of evaluation of performance in industrial symbioses. Through the selection of articles in international journals involving the issue of performance evaluation in industrial symbioses came to the portfolio of 15 articles, in general research on performance evaluation in symbiotic industrial ecosystems are recent literature and countries like USA, China, Sweden, Denmark and South Korea have important initiatives to that context.

Keywords: Industrial Ecology. Industrial Symbiosis. Sustainable Industrial Production.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas em função da atividade humana sobre o planeta são uma preocupação constante nos dias de hoje, ideias envolvendo ecologia industrial surge entre engenheiros industriais, sendo a ecologia industrial uma forma de encontrar respostas concretas e economicamente viáveis envolvendo o conceito de desenvolvimento sustentável (ERKMAN, 1997).

Nessa abordagem, o sucesso desse tipo de atividade depende da capacidade de cooperação, integração e sinergias entre indústrias de uma mesma localidade geográfica. Nesse sentido, os parques industriais são localidades propícias, devido à proximidade existente entre empresas, para a manifestação concreta do conceito de simbiose industrial (CHERTOW, 2007).

O objetivo geral dessa pesquisa é identificar nos periódicos internacionais, por meio da análise bibliométrica, artigos sobre simbiose industrial, analisando os periódicos e autores de destaque no portfólio bibliográfico e nas referências do portfólio bibliográfico.

Este artigo se divide em cinco seções, além dessa introdução. Na segunda seção denominada de revisão de literatura é realizado um estudo sobre a origem da temática, na seção seguinte, é apresentada a metodologia do presente artigo e na quarta seção é exposto o processo de busca dos artigos, na penúltima seção os resultados da análise sistêmica. Na sexta seção apresentam-se as conclusões. Por fim, as referências bibliográficas utilizadas ao longo do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Uma das primeiras obras que promove a comparação entre ecossistemas industriais com ecossistemas biológicos foi a de Frosch e Gallopoulos (1989), onde é descrito como ocorre o processo na natureza, onde as plantas sintetizam os nutrientes que alimentam os herbívoros, que por sua vez alimentam uma cadeia de carnívoros cujos resíduos e corpos eventualmente alimentam novas gerações de plantas. Na natureza nada se perde tudo faz parte de um ciclo onde pode ser reutilizado, partindo desse princípio as indústrias são vistas como ecossistemas que se aumentarem suas trocas de resíduos e suas parcerias podem levar a ganhos para o meio ambiente e para as próprias indústrias. Essa abordagem promove tecnologias mais saudáveis e harmoniosas com o meio ambiente essa prática sustentável é denominada de Ecologia Industrial.

Segundo Erkman (1997) o sistema industrial pode ser visto como um certo tipo de ecossistema, pois o sistema industrial, tal como ecossistemas naturais, pode ser descrito como uma determinada distribuição de elementos como matéria prima, materiais, energia e fluxos de informação. Os recursos do sistema industrial baseiam-se em recursos e serviços prestados pela biosfera, sendo assim não se pode dissociar a indústria da natureza.

A Ecologia Industrial defende a ideia das empresas buscarem, semelhante a natureza, criar ciclos sustentáveis, reduzindo a quantidade de recursos naturais utilizados (ZHANG *et al.*, 2011).

Ecologia industrial exige atenção para o fluxo de materiais e energia através de economias locais, regionais e globais. A parte da ecologia industrial conhecida como simbiose industrial envolve entidades tradicionalmente separados em uma abordagem coletiva para a vantagem competitiva que

envolvam troca física de materiais, energia, água e subprodutos; o sucesso para que ocorra simbiose industrial é a possibilidade de sinergia oferecida pela proximidade geográfica (CHERTOW, 2000, p. 315).

Assim, também, simbiose industrial consiste de trocas baseadas no local entre diferentes entidades. Ao trabalhar em conjunto, empresas buscam um benefício coletivo maior que a soma dos benefícios individuais que poderia ser alcançado agindo isoladamente. Este tipo de colaboração pode avançar relações sociais entre os participantes, que também pode se estender para circundantes bairros.

As simbioses não precisam ocorrer estritamente dentro dos limites de um "parque", apesar do uso popular do termo parque, eco industrial parque ou parques industriais são comuns na literatura para descrever as organizações envolvidas em trocas (CHERTOW, 2000).

É possível encontrar na literatura exemplos práticos de ecossistemas industriais. "A "simbiose industrial "que evoluiu durante as últimas três décadas na pequena cidade de Kalundborg, na Dinamarca, oferece a melhor prova de que essa abordagem pode ser muito prática e economicamente viável" (ERKMAN, 1997, p. 2).

Cada ecossistema industrial apresenta características próprias em função do conjunto de indústrias que a compõe, sendo assim diferentes formas de avaliar o desempenho desses ecossistemas industriais surgem, para maior compreensão sobre a temática avaliação de desempenho na presente pesquisa.

Devido a diversidade desses ambientes e contextos diferentes definimos avaliação de desempenho como sendo o processo para construir conhecimento no decisor, sobre a situação.

A Avaliação de Desempenho é o processo para construir conhecimento no decisor, a respeito do contexto específico que se propõe avaliar, a partir da percepção do próprio decisor por meio de atividades que identificam, organizam, mensuram ordinalmente e cardinalmente, e sua integração e os meios para visualizar o impacto das ações e seu gerenciamento (ENSSLIN *et al.*, 2010). Para selecionar artigos de relevância científica sobre o tema avaliação de desempenho em simbioses industriais aplicou-se uma metodologia estruturada apresentada no próximo tópico.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa, quanto aos objetivos, é classificada como descritiva, pois busca revelar modelos de avaliações sobre simbiose industrial. A coleta de dados foi realizada através de leitura de artigos científicos e livros, o que caracteriza a pesquisa como coleta de dados secundária e ainda, de acordo com a natureza, classificada como básica.

Sobre a abordagem do problema, a pesquisa caracteriza-se como mista, ou seja, qualitativa e quantitativa. Qualitativa devido à análise de conteúdo dos artigos. Quantitativa decorrente da análise bibliométrica dos dados (BOLAÑO; KOBASCHI; SANTOS, 2008).

Em relação à presente pesquisa, no entanto, com relação ao procedimento de seleção dos artigos na análise bibliométrica verificam-se quais autores de relevância e periódicos com maior participação são indispensáveis. O método para o processo de construção do conhecimento apresenta visão construtivista, *Knowledge Development Process–Constructivist (ProKnow-C)*, pesquisado e aplicado nos

trabalhos de Bortoluzzi *et al.* (2011a), Bortoluzzi *et al.* (2011b), Afonso *et al.* (2012), Ensslin *et al.* (2012) e Bortoluzzi *et al.* (2015).

O processo é constituído de três etapas, sendo o processo de busca, bibliometria e análise sistêmica. Primeiramente, para o processo de busca foi necessária a seleção de base de dados, sendo escolhida a base de dados *Web of Science* e *Scopus* com acesso realizado pela CAPES. Ainda foram escolhidas as palavras-chave para a presente pesquisa; para o início foram escolhidos dois eixos, avaliação de desempenho e ecologia industrial e logo após foi feita a escolha das palavras-chave.

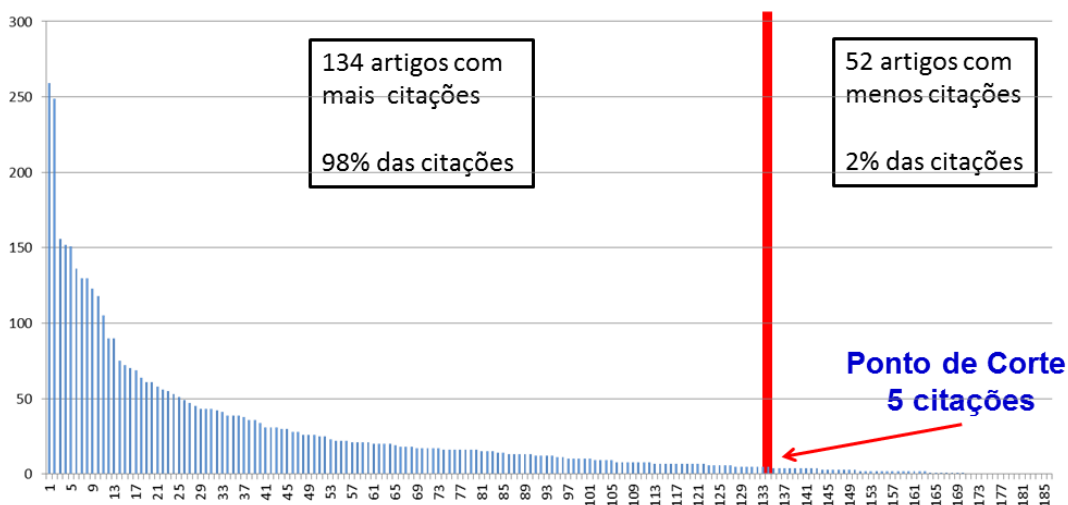
Para o eixo avaliação de desempenho foram definidas as palavras *measurement, assesement, evaluation, indicators, measure e performance*; para o eixo ecologia industrial, as palavras-chave foram *Industrial ecology, Industrial symbiosis, sustainable industrial production*. Com o cruzamento das palavras-chave dos eixos foi obtido um total de 18 combinações.

Na busca das palavras-chave nas bases de dados, foram filtrados somente artigos sem restrição de datas, encontrando um total de 7.994 artigos. Como ferramenta de gerenciamento foi escolhido o software Endnote, que identificou 4.767 artigos repetidos, devido ao cruzamento das palavras-chave, restando no portfólio 3.227 artigos.

Após essa etapa foi realizada a leitura dos títulos dos artigos e, por meio dessa leitura 186 artigos alinhados com a presente pesquisa. Portanto, a escolha do portfólio é limitada: primeiramente, a escolha dos eixos de pesquisas avaliação de desempenho e simbiose industrial, bem como a definição de palavras chave, o acesso a duas bases de dados e ao tipo de documentos de pesquisa, somente artigos disponíveis pelo portal da CAPES.

Com o objetivo de levantar o número de citações com maior publicação utilizou-se o google acadêmico. Logo após com o auxílio do editor de planilhas *Microsoft Office Excel* foi gerado um gráfico com o número de citações de cada artigo em ordem crescente.

Gráfico 1 - Alinhamento quanto reconhecimento científico
Quantidade de citações



Fonte: Autoria própria

Foram elaborados dois bancos de dados, sendo o primeiro composto por 134 artigos mais citados no google acadêmico, representando 98% das citações, os quais foram efetuadas as leituras dos resumos, sendo escolhidos 33 artigos. Com relação ao segundo banco de dados composto por 52 artigos menos citados representando 2% das citações foi utilizado como critério se as publicações são recentes, dos últimos dois anos e também foi considerada a possibilidade do autor estar no banco de dados dos autores mais citados. Após verificado esses dois critérios e revalida a leitura do resumo dos artigos escolhidos, sendo quatro artigos aprovados para leitura completa e após análise dos dois bancos de dados chegou-se ao número de 37 artigos.

Como procedimento final, passou-se então à leitura integral dos artigos: dos 37 artigos previamente selecionados, três não estavam disponíveis no portal da CAPES. Após a leitura completa com o objetivo de chegar ao portfólio final que discorra sobre o objetivo da presente pesquisa foram escolhidos 15 artigos, de acordo com os autores a seguir: Mirarata e Emtairah (2005), Jacobsen (2006), Karlsson e Wolf (2007), Van Beers *et al.* (2007), Ashton (2008), Ardente *et al.* (2010), Chertow e Miyata (2011), Liu *et al.* (2011), Sokka *et al.* (2011), Ashton e Bain (2012), Jensen *et al.* (2012), Eckelman e Chertow (2013), Simbioli, Taddeo e Morgante (2013), Park e Behera (2014) e Tian *et al.* (2014), cuja análise bibliométrica será apresentada a seguir.

4 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Com o objetivo de verificar a relevância dos artigos foi realizada uma consulta na literatura google acadêmico, a fim de verificar os artigos mais citados. A consulta foi realizada em março de 2016, conforme Tabela 1 e o artigo de Jacobsen (2006) é o mais citado entre os artigos do portfólio com 339 citações, a pesquisa revela uma avaliação em Kalundborg na Dinamarca, um dos primeiros casos de simbiose industrial identificados na literatura.

Tabela 1 - Citações Google Acadêmico

Seq.	Título	Citações	Ano
1	Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects	339	2006
2	Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: the case of the Landskrona industrial symbiosis programme	181	2005
9	Industrial symbiosis in the Australian minerals industry	136	2007
3	Understanding the Organization of Industrial Ecosystems	124	2008
4	Using an optimization model to evaluate the economic benefits of industrial symbiosis in the forest industry	75	2008
5	Analyzing the environmental benefits of industrial symbiosis	46	2008
6	Assessing the "Short Mental Distance" in Eco-Industrial Networks	42	2012
10	Study of the performance of eco-industrial park development in China	31	2014
8	Life cycle assessment of an industrial symbiosis based on energy recovery from dried sludge and used oil	30	2011
7	Assessing collective firm behavior: comparing industrial symbiosis with possible alternatives for individual companies in Oahu, HI	25	2011
12	Methodological aspects of applying eco-efficiency indicators to industrial symbiosis networks	18	2014
11	'Habitat' suitability index mapping for industrial symbiosis planning	17	2012
14	Life cycle energy and environmental benefits of a US industrial symbiosis	14	2013
13	Life cycle assessment-driven selection of industrial ecology strategies	11	2010
15	Analysing the development of Industrial Symbiosis in a motorcycle local industrial network: the role of contextual factors	11	2014

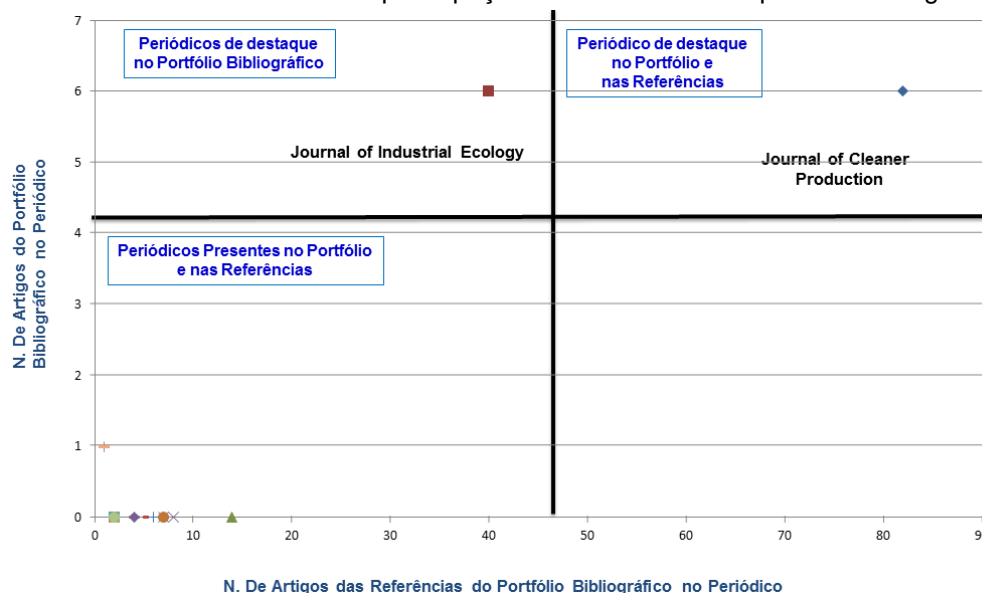
Fonte: Autoria própria

Entre os 15 artigos escolhidos, 6 foram publicados no *Journal of Industrial Ecology* e 6 no *Journal of Cleaner Production*, sendo os periódicos de maior destaque do portfólio bibliográfico.

Ao todo nos 15 artigos do portfólio bibliográfico foram identificados 296 artigos nas referências. Os periódicos de destaque continuam sendo *Journal of Industrial Ecology* e *Journal of Cleaner Production*, com 82 e 40 artigos respectivamente.

Segundo o Gráfico 2 foi verificado o número de participações dos autores do portfólio nas referências do portfólio bibliográfico. A autora com maior participação foi Marian R. Chertow com 23 artigos, sendo uma das autoras pioneira sobre estudos sobre simbiose industrial.

Gráfico 2 - Autores com maior participação nas referências do portfólio bibliográfico

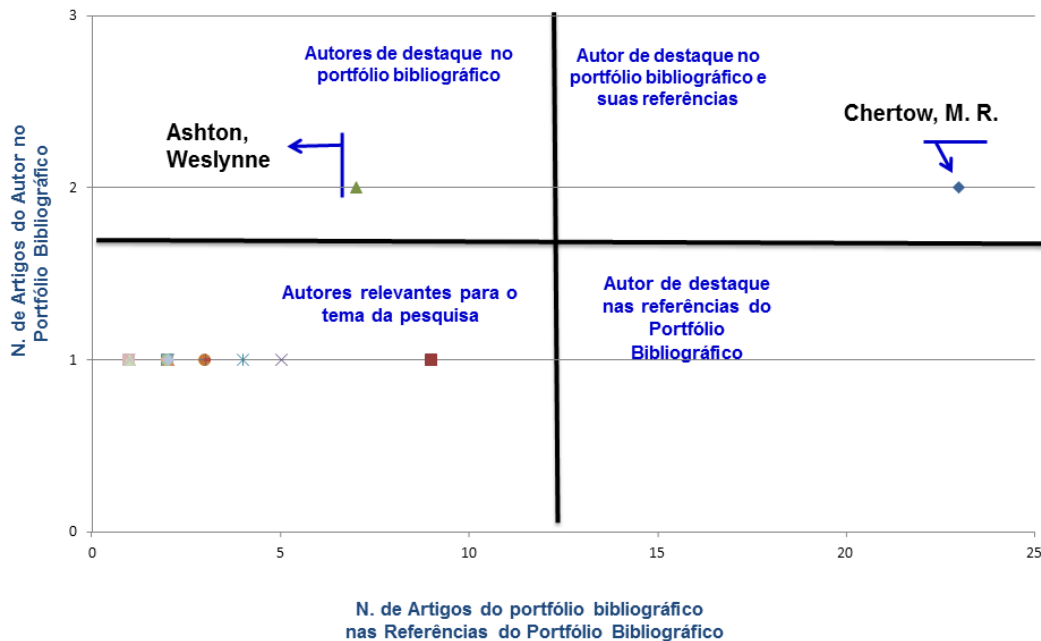


Fonte: Autoria própria

Com relação aos periódicos de maior destaque no portfólio e nas referências do portfólio, o periódico *Journal of Cleaner Production* apresenta a maior quantidade de participações seguido do *Journal of Industrial Ecology* com maior notoriedade no portfólio bibliográfico.

Referente à análise bibliométrica das referências do portfólio e dos artigos do portfólio conforme Gráfico 3, Marian R. Chertow apresenta maior evidência e aparece com a mesma notoriedade que Weslyne Ashton nos artigos do portfólio bibliográfico.

Gráfico 3 - Autores de destaque do portfólio bibliográfico



Fonte: Autoria própria

Weslyne Ashton é professora de Gestão e Sustentabilidade Ambiental no Instituto de Tecnologia de *Illinois (Illinois Tech)* Escola *Stuart of Business*. A sua investigação centra-se em duas áreas principais: Ecologia Industrial, simbiose industrial e abordagens colaborativas para a gestão ambiental e estratégias de sustentabilidade para pequenas e médias empresas.

Marian Ruth Chertow é professora e diretora do Programa de Política de Resíduos Sólidos, e diretora do Programa de Gestão Ambiental Industrial na *Yale School of Forestry & Environmental Studies*, é professora visitante na Universidade Nacional de Cingapura e Universidade de Nankai, em Tianjin, China. Após identificados os periódicos e autores em evidência no portfólio bibliográfico.

5 RESULTADOS DA ANÁLISE SISTÊMICA

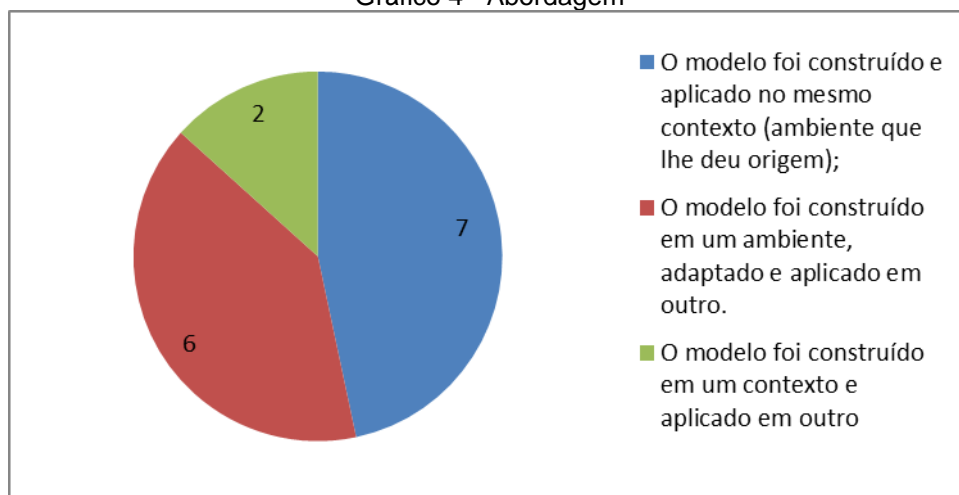
De acordo com a metodologia descrita chegou-se a um portfólio de 15 artigos envolvendo a temática avaliação de desempenho em simbioses industriais, seguindo a visão construtivista adotada pelos autores, tornando-se necessário realizar a análise sistêmica de acordo com seis critérios: abordagem; singularidade em relação aos atores e ao contexto; identificação dos aspectos relevantes; mensuração dos aspectos relevantes; integração dos indicadores; e gestão da situação atual.

5.1 LENTE 1: ABORDAGEM

Sobre a abordagem da avaliação de desempenho em ambientes industriais simbióticos sete artigos evidenciam que o modelo foi construído e aplicado no mesmo contexto, ou seja, no ambiente que lhe deu origem, sendo os artigos de Mirata e Emtairah (2005), Jacobsen (2006), Van Beers *et al.* (2007), Ashton e Bain (2012), Jensen *et al.* (2012), Simbioli e Taddeo (2013) e Tian *et al.* (2014).

É considerável a quantidade de artigos que o modelo foi construído em um ambiente, adaptado e aplicado em outro ao todo somam seis artigos. Isso ocorre como exemplo nos artigos de Liu *et al.* (2011), que utiliza da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) os autores explicam que o modelo pode ser adaptado em diferentes cenários, Ardente *et al.* (2010); vai além alertando da importância da avaliação do Ciclo de Vida sendo uma abordagem que pode ser assumida como uma metodologia para influenciar os tomadores de decisão a fazer escolhas sustentáveis, conforme visualizado no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Abordagem



Fonte: A autoria própria

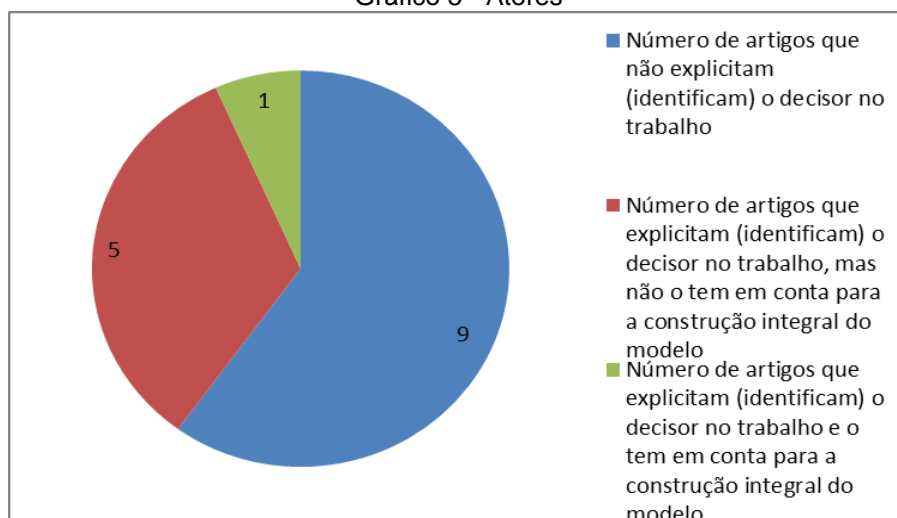
Ainda referente à abordagem, dois artigos aplicam o modelo construído em outro contexto, como no caso do artigo de Chertow (2011), devido à continuidade das pesquisas dos autores que replicaram a metodologia testada em Guayama Porto Rico, onde foram quantificados os benefícios econômicos e ambientais do compartilhamento de águas residuais vapor e cinzas Chertow e Lombardi (2005). O sucesso da pesquisa levou à aplicação no Parque Industrial de Campbell no Hawai, a fim de ver se o modelo poderia ser verificado em outro lugar.

5.2 LENTE 2: SINGULARIDADE – ATORES

O Gráfico 5 ilustra a participação dos atores, entende-se por atores os indivíduos responsáveis pela gestão, sendo o decisor na identificação de necessidades e cumprimento dos objetivos.

Na avaliação de desempenho de ambientes simbióticos ainda é pequena a participação dos atores na construção do modelo, nove artigos não identificam o decisor no trabalho, sendo os artigos de Karlsson e Wolf (2007), Van Beers *et al.* (2007), Ashton (2008), Chertow e Miyata (2011), Sokka *et al.* (2011), Jensen *et al.* (2012), Eckelman e Chertow (2013), Park e Behera (2014) e Tian *et al.* (2014).

Gráfico 5 - Atores



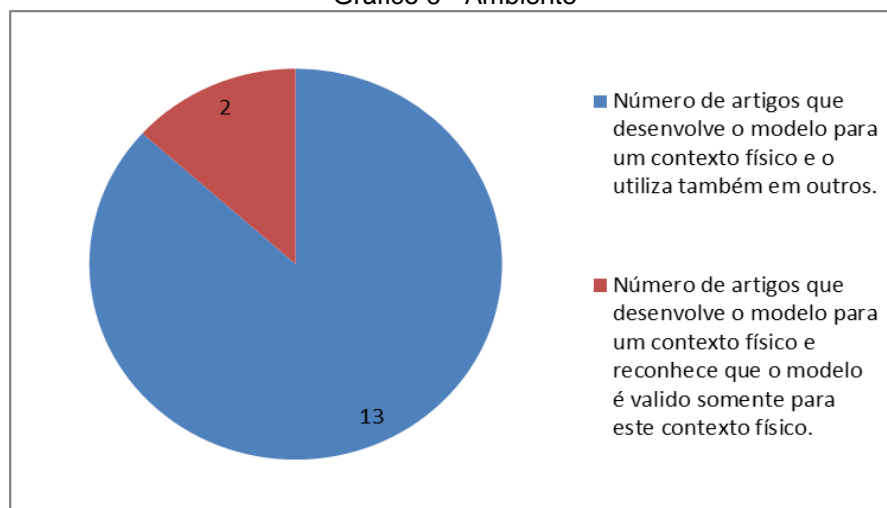
Fonte: Autoria própria

Apenas o trabalho de Mirata e Emtairah (2005) destaca que todos os participantes do programa estavam envolvidos em um seminário onde desafios ambientais foram discutidos. No mesmo evento, os participantes foram apresentados com a possibilidade de abordar estes desafios de forma coletiva e foram introduzidos para os benefícios de tais abordagens.

5.3 LENTE 2: SINGULARIDADE – AMBIENTE

O Gráfico 6 ilustra que dos 15 artigos do portfólio bibliográfico, o reconhecimento do ambiente físico do contexto como único é observado em apenas dois trabalhos: Simbioli, Taddeo e Morgante (2013) e Tian *et al.* (2014).

Gráfico 6 - Ambiente



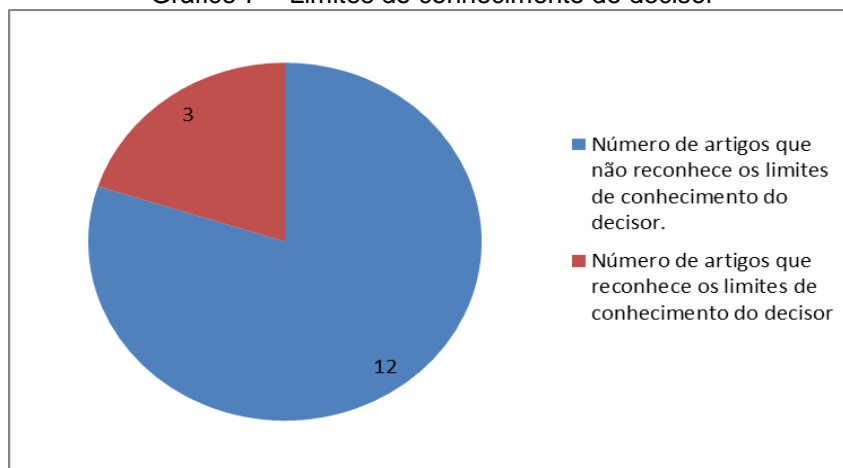
Fonte: Autoria própria

5.4 LENTE 3: RECONHECE OS LIMITES DO CONHECIMENTO DO DECISOR

A terceira lente busca compreender o processo apresentado pelo autor no artigo do portfólio bibliográfico com relação ao reconhecimento dos limites do conhecimento do decisor.

Entre os 15 artigos do portfólio bibliográfico, três artigos reconhecem os limites de conhecimento do decisor: Mirata (2005), Ashton (2008), Chertow e Miyata (2011), e 12 não apresentam ao longo da pesquisa o reconhecimento dos limites do decisor: Jacobsen (2006), Karlsson e Wolf (2007), Van Beers *et al.* (2007), Ardente *et al.* (2010), Liu *et al.* (2011), Sokka *et al.* (2011), Ashton e Bain (2012), Jensen *et al.* (2012), Eckelman e Chertow (2013), Simbioli, Taddeo e Morgante (2013), Tian *et al.* (2014) e Park e Behera (2014).

Gráfico 7 - Limites do conhecimento do decisor



Fonte: Autoria própria

5.5 LENTE 3.1: CONSIDERA OS VALORES DO DECISOR

O Gráfico 8 demonstra que dos 15 artigos do portfólio bibliográfico, apenas um artigo utilizado durante o processo identifica os objetivos e está integralmente alicerçado nos valores do decisor: Mirata (2005).

Gráfico 8 - Considera os valores do decisor



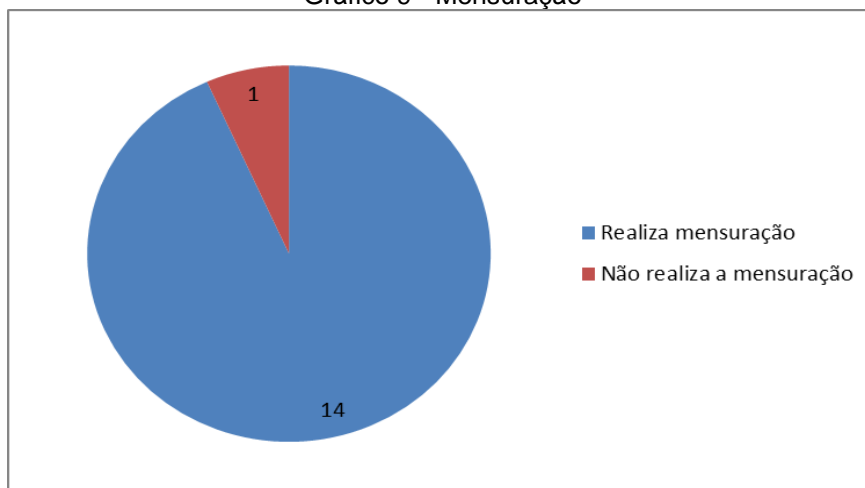
Fonte: Autoria própria

Os autores citam que foram identificadas áreas de preocupação, e as empresas foram encorajados a tomar parte nas discussões em torno de questões como a energia, resíduos, produtos químicos, combustíveis alternativos, transporte, água e gestão ambiental. Este exercício ajudou o problematização e busca esforços das empresas para soluções para as suas preocupações ambientais imediatas.

5.6 LENTE 4: MENSURAÇÃO

A mensuração tem por objetivo avaliar a construção dos indicadores de desempenho. O Gráfico 9 demonstra que 14 artigos do portfólio bibliográfico realiza mensuração em suas pesquisas (JACOBSEN, 2006; KARLSSON; WOLF, 2007; VAN BEERS *et al.*, 2007; ASHTON, 2008; ARDENTE *et al.*, 2010; CHERTOW, 2011; LIU *et al.*, 2011; SOKKA *et al.*, 2011; ASHTON; BAIN, 2012; JENSEN *et al.*, 2012; ECKELMAN; CHERTOW, 2013; SIMBIOLI; TADDEO; MORGANTE, 2013; PARK; BEHERA, 2014; TIAN *et al.*, 2014).

Gráfico 9 - Mensuração



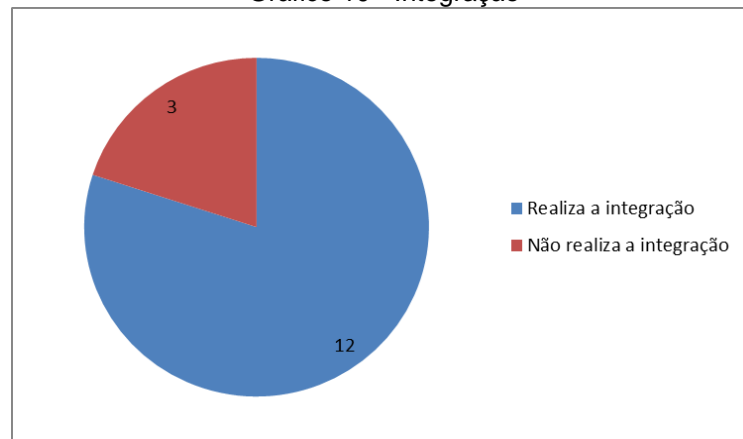
Fonte: Autoria própria

O artigo que não realiza a mensuração é o de Mirata e Emtairah (2005), o qual justifica a ausência da mensuração devido a visão de futuro que a oficina promove nos decisores.

5.7 LENTE 5: INTEGRAÇÃO

Apenas três artigos integram seus resultados (LIU *et al.*, 2011; TIAN *et al.*, 2014; PARK; BEHERA, 2014), conforme apresentado no Gráfico 10.

Gráfico 10 - Integração



Fonte: Autoria própria

Nos estudos de LIU *et al.* (2011) o impacto ambiental total potencial (TEIP) atinge o mínimo quando a relação de substituição de carvão por lodo, igual a 14%.

Já nos estudos de Tian *et al.* (2014) com a integração dos critérios chegou-se ao que os autores denominam de eco eficiência global os autores relatam que durante a fabricação.

O vapor utilizado por outra empresa participante da rede resultou em uma melhoria significativa das emissões de CO₂ (99,9%) e eco eficiência global (28,7%); na integração dos resultados Park e Behera (2014) conceituam como eco eficiência sendo as redes 2 e 7 pesquisadas com melhorias de ecoeficiência, 14,9% e 28,7%, respectivamente.

5.8 LENTE 6: GESTÃO

A última lente analisa se o conhecimento gerado permite conhecer o perfil atual, sua monitoração e aperfeiçoamento. Todos os artigos do portfólio bibliográfico apresentam ações de aperfeiçoamento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral dessa pesquisa é aplicar uma metodologia estruturada para selecionar artigos de relevância científica sobre o tema avaliação de desempenho em simbioses industriais. Como objetivos específicos, elaborar a seleção de artigos em periódicos internacionais sobre simbiose industrial, realizar análise bibliométrica do portfólio selecionado e a apresentar os resultados da análise sistêmica.

Por meio da seleção de artigos em periódicos internacionais envolvendo a temática avaliação de desempenho em simbioses industriais chegou-se ao portfólio de 15 artigos, assim atingindo o objetivo geral da presente pesquisa que consiste em selecionar artigos de relevância científica sobre o tema avaliação de desempenho em simbioses industriais. De modo geral, as pesquisas sobre avaliação de desempenho em ecossistemas industriais simbióticos vêm sendo desenvolvidas em diversos países (Ardente *et al.*, 2010); com pesquisas no sul da Itália e Simbioli, Taddeo e Morgante (2013); especificamente em Abruzzo, Itália.

A Coréia do Sul é representada pelas pesquisas de Park e Behera (2014); na Inglaterra Jensen *et al.* (2012) desenvolveram seu mapeamento.

Na Suécia, Mirata e Emtairah (2005) destacam a contribuição que a simbiose industrial promove para a inovação ambiental e regional. Esse país é representado ainda por pesquisas de Karlsson e Wolf (2007); que estudam a simbiose industrial no segmento florestal. O intercâmbio de produtos na indústria florestal também é analisado por Sokka *et al.* (2011) na Finlândia.

Pesquisas nos EUA aparecem em três artigos do portfólio bibliográfico, Chertow e Miyata (2011); Eckelman e Chertow (2013) e Ashton (2008), essa última autora ainda aplica pesquisas sobre simbiose industrial na Índia Ashton e Bain (2012).

Identifica-se na literatura casos de parques eco industriais planejados com o objetivo de desenvolver simbioses industriais e casos em que as trocas e intercâmbios ocorrem naturalmente.

Pode-se observar na análise sistêmica que o envolvimento dos gestores na construção do modelo de avaliação de desempenho em seus ambientes ainda é tímido, muito modelos são adaptados de outros contextos não levando em conta os valores dos decisores. Para trabalhos futuros sugere-se o desenvolvimento de modelos de avaliação de desempenho em simbioses industriais que reconheçam e construam modelos de avaliação com a participação dos gestores envolvidos na área.

REFERÊNCIAS

AFONSO, M. H. F. *et al.* Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre a avaliação do desenvolvimento sustentável. RGSA: **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, p. 47-62, 2012.

ARDENTE, F. *et al.* Life cycle assessment-driven selection of industrial ecology strategies. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 6, n.1, p. 52-60, 2010.

ASHTON, W; BAIN, A. C. Assessing the “Short Mental Distance” in Eco-Industrial Networks. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n.1, p. 70-82, 2012.

ASHTON, W. Understanding the Organization of Industrial Ecosystems. **Journal of Industrial Ecology**, v. 12, n. 1, p. 34-51. 2008

BOLAÑO, C; KOBASCHI, N.; SANTOS, R. A lógica econômica da edição científica certificada. Enc. Bibli: **R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf.**, Edição especial, p. 119-131, 2008.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; VALMORBIDA, S. M. I. Avaliação de desempenho em redes de pequenas e médias empresas: Estado da arte para as delimitações postas pelo pesquisador. **Estratégia & Negócios**, v. 4, n. 2, p. 202-222, jun/dez. 2011a.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S.R.; LYRIO, M.V.L.; ENSSLIN, L. Avaliação de desempenho econômico-financeiro: Uma proposta de integração de indicadores

contábeis tradicionais por meio da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista (MCDA -C). **Revista Alcance**, v. 18, n. 2, p. 200–2018. Abr/jun. 2011b.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Importância e ferramentas de avaliação de desempenho para redes de pequenas e médias empresas: análise crítica da literatura nacional versus internacional. **Revista Produção Online**, v.15, n. 4, p. 1148-1173, out./dez. 2015.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, v. 25, n. 1, p. 313–337, 2000.

CHERTOW, M. R.; LOMBARDI, D. R. Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. **Environmental Science and Technology**, v. 39, n. 17, p. 6535–6541, 2005

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

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

EHRENFELD, J.; GERTLER, N. 1997. Industrial ecology in practice: The evolution of interdependence at Kalundborg. **Journal of Industrial Ecology**, v. 1, n. 1, p. 67–79, 1997.

ENSSLIN, L. *et al.* Avaliação do Desempenho de Empresas Terceirizadas com o Uso da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão- Construtivista. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010.

ENSSLIN, L. *et al.* Um estudo sobre segurança em estádios de futebol baseado na análise da literatura internacional. **Perspectivas em Ciências da Informação**, v. 17, n. 2, p. 1–40, 2012.

ERKMAN, S. Industrial ecology: A historical view. **Journal of Cleaner Production**, v. 5, n. 2, p. 1–10, 1997.

ECKELMAN, M. J.; CHERTOW, M. R. Life cycle energy and environmental benefits of a US industrial symbiosis. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 8, p. 1524-1532, 2013.

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

JACOBSEN, N. B. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects. **Journal of Industrial Ecology** v. 10, n. 1-2, p. 239-255, 2006.

JENSEN, P. D. et al. "Habitat' Suitability Index Mapping for Industrial Symbiosis Planning". **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n. 1, p. 31-50, 2012.

KARLSSON, M; WOLF. A Using an optimization model to evaluate the economic benefits of industrial symbiosis in the forest industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 14, p. 1536-1544, 2007.

LIU, Q. *et al.* Life cycle assessment of an industrial symbiosis based on energy recovery from dried sludge and used oil. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 15, p. 1700–1708, 2011.

MIRATA, M; EMTAIRAH, T. Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 10-11, p. 993-1002, 2005.

PARK, H. S.; BEHERA, S. K. Methodological aspects of applying eco-efficiency indicators to industrial symbiosis networks. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 478-485, 2014.

SIMBIOLI, A; TADDEO, R; MORGANTE, A. Analysing the development of Industrial Symbiosis in a motorcycle local industrial network: the role of contextual factors. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, n. 1, p. 372–383, 2013.

SOKKA, L. *et al.* Analyzing the Environmental Benefits of Industrial Symbiosis: Life Cycle Assessment Applied to a Finnish Forest Industry Complex. 2011.

TIAN, J. *et al.* Study of the performance of eco-industrial park development in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 486-494, 2014.

VAN BEERS, D. *et al.* Industrial Symbiosis in the Australian Minerals Industry the Cases of Kwinana and Gladstone. **Industrial Ecology**, v. 11, n. 1, p. 55-72, 2007.

VEIGA, L. B. E. *et al.* A simbiose industrial na redução de resíduos sólidos. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande/MS, 2005.

ZHANG, X. H. *et al.* Emergy evaluation of the impact of waste exchanges on the sustainability of industrial systems. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 2, p. 206-216, 2011.