



“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

Desenvolvimento de Questionário para Avaliação de Indicadores de Simbiose Industrial

PIERE, B. A.^{a,*}, MANTESE, G. C.^a, AMARAL, D. C.^a

a. Universidade de São Paulo

*Corresponding author, brunapiere19@gmail.com

Resumo

O conceito de Parque Eco-Industrial (EIP) consiste em uma comunidade de negócios empresariais que visam alcançar um melhor desempenho econômico, social e ambiental a partir da cooperação e compartilhamento de serviços e resíduos entre as empresas, característicos do processo de Simbiose Industrial (SI). É possível encontrar indicadores de desempenho para a medição e monitoramento da simbiose, porém, não há um indicador consolidado, que tem como intuito garantir a qualidade, confiabilidade e objetividade nas avaliações de impactos ambientais e sociais. Este artigo tem como principal objetivo adaptar os critérios propostos por Mantese et al. (2016) no desenvolvimento de um questionário para ser aplicado com especialistas na avaliação de indicadores de simbiose industrial, utilizando a metodologia de Cloquell-Ballester et al. (2006) de validação de indicadores ambientais por especialistas. Apresenta-se o estudo desenvolvido e o formulário online e os resultados de seu teste com um especialista em indicadores. O resultado demonstra que o questionário está em condições de ser aplicado e apresenta as etapas futuras desta pesquisa.

Palavras-chave: Simbiose Industrial, Validação de Indicadores, Metodologia 3S

1. Introdução

Como alternativa para a adaptação das empresas em um novo contexto de preocupação ambiental e sustentabilidade, surgem os Parques Eco Industriais (EIPs). O EIP consiste em um conceito de um conjunto de indústrias criado no início dos anos 90, em que a partir da cooperação mútua, as empresas procuram o desenvolvimento econômico, social e ambiental de maneira sustentável (INDIGO DEVELOPMENT, 2006; LOWE, 2001).

De acordo com Chertow (2000), simbiose industrial (SI) pode ser entendida como a colaboração entre empresas na troca e partilha de materiais, energia, água e subprodutos gerados por uma empresa e que são usados como matéria-prima por outras, com o objetivo de reduzir impactos ambientais e obter benefícios mútuos. Sendo assim, é essencial que a evolução da simbiose industrial em um EIP seja quantificada.

A medição e monitoração da simbiose industrial é determinante para que um parque seja definido como tal. Indicadores de desempenho foram propostos (Hardy; Graedel, 2002; Tiejun, 2010; Felicio et al., 2016) e há preocupação no desenvolvimento de novos indicadores de desempenho, mas pouco esforço é empregado na validação (RIGBY et al., 2001).

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

São Paulo – Brazil – May 24th to 26th - 2017

Felicio et al. (2016) propôs o Indicador de Simbiose Industrial (ISI) e não há registro de sua aplicação prática ou avaliação sistemática. De acordo com Bockstaller e Girardin (2003), um indicador será validado apenas se for cientificamente projetado, a informação por ele fornecida for relevante e for útil para os seus usuários finais.

Segundo BOCKSTALLER & GIRARDIN (2003), uma possibilidade sempre viável para a validação de um indicador é através do julgamento de especialistas. Cloquell-Ballester et al. (2006) desenvolveram a Metodologia 3S de validação de indicadores, baseada no julgamento de especialistas. Esta metodologia tem como principal intuito garantir a qualidade, confiabilidade e objetividade nas avaliações de impactos ambientais e sociais.

Com base na Metodologia 3S, Mantese et al. (2016) propuseram um procedimento para a validação específica de indicadores de simbiose industrial, onde um dos principais resultados alcançados foi um conjunto de critérios para a avaliação desses tipos de indicadores.

O objetivo deste trabalho é propor um questionário, a partir dos critérios adaptados por Mantese et al. (2016) e em aderência à metodologia 3S, para ser aplicado com especialistas na avaliação do indicador de simbiose industrial de Felício (2016). O método utilizado para o desenvolvimento do questionário foi a criação de um formulário online que posteriormente foi validado através de uma aplicação assistida com um especialista, o que culminou em mudanças nos critérios.

2. EIP e Simbiose Industrial

O conceito de Parque Eco-Industrial foi criado pelo instituto *Indigo Development*:

(...) uma comunidade de indústrias, negócios e serviços situados em uma propriedade comum. Seus membros buscam o melhor desempenho ambiental, econômico e social através da cooperação e gerenciamento ambiental e dos recursos naturais. Trabalhando junto, a comunidade de negócios procura um benefício coletivo que seja maior do que a soma dos benefícios individuais que cada empresa obteria se somente aperfeiçoasse seu desempenho individual (INDIGO DEVELOPMENT, 2006).

Segundo Shi et al. (2010), em um novo contexto industrial, o crescimento dos parques eco-industriais, pode ser visto como uma forte tendência. Já a simbiose industrial pode ser considerada análoga ao que ocorre em um ecossistema natural, no qual há um tipo de associação biológica realizada entre seres no meio ambiente que, ao trocar materiais, informações ou energia, propicia a estes obter benefícios coletivos maiores se comparado a soma dos benefícios adquiridos individualmente (STARLANDER, 2003).

Diante disso, a simbiose industrial tem como principal intuito estabelecer o intercâmbio de materiais, água e energia entre empresas de um EIP, a fim de obter um benefício mútuo, além de buscar reduzir impactos ambientais (CHERTOW, 2000). Segundo Chertow et al. (2008) as transações simbióticas podem ocorrer por meio de 3 formas: (i) compartilhamento de utilidades e infraestrutura; (ii) utilização de serviços comuns; (iii) trocas de subprodutos, em que os resíduos de uma empresa são utilizados como matéria-prima pela outra.

É muito importante que a evolução da simbiose industrial em um EIP seja quantificada. Por conta disso, autores como Hardy e Graedel (2002), Tiejun (2010) e Felicio et al. (2016) propuseram ou usaram indicadores de desempenho em seus trabalhos. Entretanto, nenhum desses indicadores é amplamente utilizado ou é unânime na literatura da área.

3. Validação de indicadores

De acordo com Rigby et al. (2001), embora seja atribuído grande esforço no desenvolvimento de novos indicadores de desempenho, pouca dedicação é destinada à validação. Segundo Bockstaller e Girardin (2003), verificar se o indicador é cientificamente projetado, a informação por ele fornecida é

relevante e se é útil para os seus usuários finais é a principal finalidade do processo de validação de um indicador.

Dois etapas distintas compreendem o processo de validação de um indicador, são elas: a validação conceitual e a validação empírica (BOCKSTALLER; GIRARDIN, 2003). Uma possibilidade viável para realizar a validação conceitual é através da validação baseada no julgamento de especialistas (BOCKSTALLER; GIRARDIN, 2003). Uma metodologia, cujo intuito é garantir a qualidade, confiabilidade e objetividade nas avaliações de impactos ambientais e sociais, denominada Metodologia 3S, baseada no julgamento dos avaliadores, foi proposta por Cloquell-Ballester et al. (2006).

Mantese et al. (2016) propuseram um procedimento para a validação de indicadores de simbiose industrial que foi baseado na Metodologia 3S, em que uma das principais contribuições foi a adaptação dos critérios de avaliação. A Tabela 1 apresenta os critérios de avaliação adaptados para serem aplicados especificamente em indicadores de simbiose industrial.

Tab. 1. Critérios de validação para indicadores de simbiose industrial

Questionário para avaliação de indicadores de simbiose industrial a serem validados
<i>Coerência Conceitual</i>
1. O indicador mede a troca de água, energia e sub-produtos entre empresas em um parque eco-industrial, representando corretamente a simbiose industrial
2. O indicador classifica os diferentes sub-produtos de acordo com o critério apropriado
3. O indicador considera quantidades de sub-produtos reutilizados. De forma direta*
4. O indicador considera quantidades de sub-produtos descartados
<i>Coerência Operacional</i>
1. A formulação matemática é adequada para medir simbiose industrial, considerando os aspectos que devem ser quantificados
2. Os dados necessários para calcular o indicador são relevantes, enquanto não há dados que são relevantes e não são considerados
3. Os procedimentos de medição para obter os dados são adequados, permitindo sua reprodução e comparação
4. O indicador é capaz de indicar tendências
5. O resultado numérico não tem limite, o que significa que a simbiose industrial pode sempre ser melhorada
6. O indicador permite a comparação com outros parques
<i>Utilidade</i>
1. O cálculo do indicador e seus procedimentos não exigem esforço excessivo
2. As fontes de dados são confiáveis

Questionário para avaliação de indicadores de simbiose industrial a serem validados

3. As fontes de dados são de fácil acesso

4. O resultado final do indicador tem resultado

5. Os custos requeridos para o recolhimento de dados e aplicação do indicador são aceitáveis

*O indicador é capaz de registrar diretamente os sub-produtos que são reutilizados, ao invés de, por exemplo, quantificá-los através da diminuição no uso de matéria-prima virgem

Fonte: Mantese et al. (2016), p. 170

4. Metodologia

A partir da publicação do artigo de Mantese et al. (2016), o qual apresentou a adaptação dos critérios para a avaliação de indicadores de simbiose industrial, conforme apresentado na seção 3 (Validação de Indicadores), foi elaborado um questionário para a avaliação de indicadores de simbiose industrial através de especialistas. O questionário foi desenvolvido utilizando-se a ferramenta *Google Form*, uma ferramenta de formulários online. O questionário seguiu exatamente como estão os critérios apresentados por Mantese et al. (2016). Para preenchimento do questionário o avaliador seleciona entre uma escala de 1 a 5 (Escala *Likert*), conforme concorda ou discorda se o indicador em avaliação está aderente ao critério.

Posterior à elaboração dos questionários para a avaliação de indicadores de simbiose industrial, foi conduzida uma avaliação assistida com um especialista em indicadores ambientais e de sustentabilidade, com doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo, a fim de identificar possíveis ambiguidades nas questões, se o questionário desenvolvido apresenta clareza suficiente, assim como se possui questões que apresentam difícil entendimento, entre outros fatores que poderiam ser melhorados. Por fim, com as informações coletadas, melhorias foram realizadas no questionário.

5. Avaliação Assistida

O primeiro teste com o questionário elaborado foi realizado através da avaliação assistida com um especialista em indicadores, com o objetivo de obter uma visão externa sobre o questionário desenvolvido, além de obter possíveis propostas de melhoria.

Para realizar a avaliação assistida foi utilizado o ISI. Este foi o indicador escolhido, pois trata-se de um dos indicadores de simbiose industrial mais completo (MANTESE; AMARAL, 2016; MANTESE; AMARAL, 2017). A avaliação assistida durou cerca de uma hora e trinta minutos e foi simulada uma aplicação real, em que o especialista tentou responder ao questionário sem influência externa dos aplicadores. Além disso, durante a aplicação, o especialista falou sobre suas dúvidas e dificuldades. Todos os comentários e informações obtidos durante a aplicação foram anotados.

Esta aplicação apontou algumas sugestões de melhoria: (i) Separar algumas questões; (ii) Associar as questões ao conceito de Simbiose Industrial; (iii) Ressaltar o conceito de compartilhamento de subprodutos entre empresas do EIP.

6. Resultados

Após realizar as mudanças sugeridas pelo especialista foi desenvolvida uma nova versão do questionário. A nova versão já foi validada pelo mesmo especialista, indicando um nível de maturidade apto para a aplicação com outros especialistas. O conteúdo do questionário desenvolvido através da

ferramenta *Google Form*, com as devidas melhorias propostas e já validado pelo especialista é apresentado pelas Figuras 1 e 2 e pelas Tabelas 2 e 3.

As Figuras 1 e 2 e as Tabelas 2 e 3 apresentadas estão em inglês, pois o questionário será aplicado tanto com especialistas brasileiros como com especialistas estrangeiros

Cabe destacar que o questionário apresenta um espaço destinado a comentários sobre as avaliações dos especialistas. Os comentários embora sejam opcionais, são de grande importância, principalmente, caso seja necessário utilizar outras rodadas de respostas de acordo com a técnica *Delphi*.

Questionnaire to evaluate indicators of Industrial Symbiosis

Before starting to answer the questionnaire, make sure you have read the Indicator Report of the Industrial Symbiosis Indicator (ISI), available on the link: <https://drive.google.com/open?id=0Bw6MZQDW17nBZzU1X0k4ZmQ4WEE>

The questionnaire aims to evaluate indicators that measure the Industrial Symbiosis. This form is being applied specifically on the ISI evaluation.

The objective of the evaluation of the ISI is to contribute to the evolution of the indicator itself, making it more reliable and robust for practical applications in real cases. This evaluation also contributes to the development of the area of indicators for the measurement of Industrial Symbiosis, since it was not identified an indicator that is being applied in practice and no indicator is consensus in the academic area.

The evaluation is carried out through the experts judgment using specific criteria divided into 3 classes: Conceptual coherence, Operational coherence, and Utility.

The criteria are in the form of statements, the evaluator should verify if each of the statements is consistent with the indicator that is being evaluated through a five-level scale (Likert scale):

- 1 - Totally disagree
- 2 - Disagree
- 3 - Neither disagree nor agree
- 4 - Agree
- 5 - Totally agree

*Obrigatório

Expert name *

Your name will be kept in secret.

Fig. 1. Tela do Questionário para Avaliação de Indicadores de Simbiose Industrial

Tab. 2. Critérios para Avaliação de Indicadores de Simbiose Industrial

Level	Value
Totally disagree	1
Disagree	2
Neither disagree	3
Agree	4
Totally agree	5

Tab. 3. Questões por categoria da metodologia

Category	Question
Conceptual Coherence	The indicator is able to measure the exchange of by-products among the companies in the Eco-Industrial Park
	The indicator is able to measure the exchange of water and energy among the companies in the Eco-Industrial Park
	The indicator evaluates the different by-products generated according to their potential of environmental impact
	The indicator considers amounts of by-products generated by the companies that are reused as raw material by other companies in the Eco- Industrial Park. In a direct way*
	The indicator considers amounts of by- products generated by the companies that are not shared with other companies in the Eco- Industrial Park, being discarded
Operational Coherence	The mathematical formulation is suitable for measuring industrial symbiosis, taking into account the aspects that must be quantified
	The calculation of the indicator does not take into account data that are not relevant to measure the Industrial Symbiosis
	All the data needed for measuring the Industrial Symbiosis are being considered in the calculation of the indicator
	The measurement procedures for obtaining the data related to the Industrial Symbiosis are adequate, allowing the reproduction and comparison of the indicator
	The indicator is able to indicate trends regarding the evolution of the Industrial Symbiosis in the Eco- Industrial Park
	The numerical result obtained through the calculation of the indicator has no limit, meaning that the Industrial Symbiosis can always be improved
	The indicator allows the comparison of the level of the Industrial Symbiosis with other Eco- Industrial Parks
Utility	The indicator calculation and its procedures are easy to be performed and do not require excessive effort
	The data considered in the calculation of the indicator are provided by reliable sources
	The data considered in the calculation of the indicator are provided by sources that are easy to access
	The indicator can support decision
	It is acceptable the need of human resources for obtain data and calculate the indicator

	It is acceptable the need of utilization and acquisition of equipment for obtain data and calculate the indicator
	It is acceptable the need of knowledge acquisition for obtain data and calculate the indicator
	The indicator presents an excellent cost- benefit ratio
The indicator is able to record directly the by- products that are reused, rather than, for example, quantify them by the decrease in the use of virgin raw material	

Um exemplo de como a questão é apresentada no questionário virtual está na Figura 2.

Conceptual coherence *

The Conceptual coherence determines the relationship between the indicator and the object of measurement, in this case the Industrial Symbiosis. It aims to verify if the indicator is scientifically designed.

Totally disagree Disagree Neither disagree nor agree Agree Totally agree

The indicator is able to measure the exchange of by-products among the companies in the Eco-Industrial Park

Fig. 2. Exemplo de questão por categoria da metodologia

7. Conclusão

O questionário de avaliação é caracterizado por ser um formulário online, cujo preenchimento é simples e pode ser respondido sem a necessidade de haver um aplicador presente.

Embora a avaliação assistida tenha sido conduzida com base no ISI, este questionário pode ser utilizado com outros indicadores de simbiose industrial.

O questionário contém uma questão aberta ao final de cada seção destinada a comentários sobre a avaliação dos especialistas. Este espaço é de grande importância, pois permite a aplicação de novas rodadas de respostas segundo a técnica *Delphi*, caso haja a necessidade de utilizar este método, e também pode ser muito útil caso o indicador precise passar por melhorias.

Cabe ressaltar que este questionário já foi validado por um especialista em indicadores, apontando, desse modo, um nível de maturidade apto para a aplicação com outros especialistas.

Os próximos passos são selecionar e contatar especialistas para responderem ao questionário de avaliação do indicador. A seguir, as avaliações dos especialistas serão compiladas, obtendo-se, assim, um resultado final da aplicação da Metodologia 3S para o indicador.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro por meio dos auxílios processo Nº 2016/06247-6 e processo Nº 2015/17192-5.

Referências Bibliográficas

BOCKSTALLER, C; GIRARDIN, P. 2003. How to validate environmental indicators. *Agricultural Systems*, v. 76, n. 2, p. 639-653.

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

CHERTOW, M.R.; ASHTON, W.; ESPINOSA, J.C. 2008. Industrial symbiosis in Puerto Rico: environmentally e related agglomeration economies. *Regional Studies*, v. 42, n. 10, p. 1299-1312.

CLOQUELL-BALLESTER, V-A.; CLOQUELL-BALLESTER, V-A.; MONTERDE-DÍAZ, R. SANTAMARINA-SIRUANA, M-C. 2006. Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 26, n. 1, p. 79-105.

FELICIO, M.; AMARAL, D.; ESPOSTO, K.; DURANY, X. G. 2016. Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 118, p. 54-64.

HARDY, C.; GRAEDEL, T.E. 2002. Industrial ecosystems as food webs. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 6, n. 1, pp. 29-38.

INDIGO DEVELOPMENT. Eco-industrialparks (EIP). 2006. Disponível em: <<http://www.indigodev.com/Ecoparks.html>>. Acessado em Outubro/2016

LOWE, E. A. 2001. Eco-industrial park handbook for Asian developing countries. A Report to Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development, Oakland, CA.

MANTESE, G. C.; PIERE, B. A. de; AMARAL, D. C. A Procedure to Validate Industrial Symbiosis Indicators Combining Conceptual and Empirical Validation Methods. In: *Proceedings of the 23rd ISPE Inc. International Conference on Transdisciplinary Engineering*, Parana, Curitiba, October 3-7, 2016. IOS Press. p. 166-175, 2016. DOI: 10.3233/978-1-61499-703-0-166.

MANTESE, G. C.; AMARAL, D. C. 2016. Identification and comparison of performance indicators for measuring industrial symbiosis. *Revista Produção Online*, v. 16, n. 4, p. 1329-1348.

MANTESE, G. C.; AMARAL, D. C. 2017. Comparison of industrial symbiosis indicators through agent-based modeling. *Journal of Cleaner Production*, v.140, p. 1652-1671.

RIGBY, D., WOODHOUSE, P., YOUNG, T., BURTON, M. 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics*, v. 39, n. 3, p. 463-478.

SHI, H., CHERTOW, M., SONG, Y., 2010. Developing country experience with ecoindustrial parks: a case study of the Tianjin Economic-Technological Development Area in China. *J. Clean. Prod.* 18 (3), 191e199.

STARLANDER, J. E. 2003. *Industrial Symbiosis: A Closer Look on Organizational Factors*, a study based on the Industrial Symbiosis project in Landskrona. Thesis of the Master of Science in Environmental Management and Policy Lund, Sweden.

TIEJUN, D. 2010. Two quantitative indices for the planning and evaluation of eco-industrial parks. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 54, n. 7, pp. 442-448.