

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RICARDO SCHERRER TOMÉ

**AS PRÁTICAS E AS BARREIRAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL NAS
PRIMEIRAS E SEGUNDAS CAMADAS DE FORNECIMENTO:
SURVEY NO SETOR AUTOMOTIVO BRASILEIRO**

**São Paulo
2016**

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RICARDO SCHERRER TOMÉ

AS PRÁTICAS E AS BARREIRAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL NAS
PRIMEIRAS E SEGUNDAS CAMADAS DE FORNECIMENTO:
SURVEY NO SETOR AUTOMOTIVO BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientador: prof. Dr. Geraldo Cardoso de
Oliveira Neto

São Paulo
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Tomé, Ricardo Scherrer.

***As práticas e as barreiras da ecologia
industrial nas primeiras e segundas
camadas de fornecimento: survey no setor
automotivo brasileiro./ Ricardo Scherrer***

Tomé. 2016.

74 f.

***Dissertação (mestrado) – Universidade
Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo,
2016.***

**AS PRÁTICAS E AS BARREIRAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL NAS
PRIMEIRAS E SEGUNDAS CAMADAS DE FORNECIMENTO: SURVEY NO
SETOR AUTOMOTIVO BRASILEIRO**

POR

RICARDO SCHERRER TOMÉ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEPP da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, sendo a banca examinadora formada por:

Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto – Universidade Paulista - UNIP

Prof. Dr. André Felipe Henriques Librantz – Universidade Nove de Julho –
UNINOVE

Prof. Dr. Geraldo Cardoso de Oliveira Neto – Universidade Nove de Julho –
UNINOVE

São Paulo, 02 de março de 2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho para minha família, meus filhos e futuras gerações.

Para todos os pesquisadores e alunos que tenham interesse neste tema diretamente ligado com a qualidade de vida das próximas gerações.

Mesmo quando eu não estiver mais aqui ficarão estas linhas escritas que exigiram estudo, empenho e superação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao criador e arquiteto do universo por além de me trazer neste plano me deu saúde e oportunidades para meu desenvolvimento acadêmico.

A Universidade Nove de Julho por investir no meu desenvolvimento através do programa de mestrado em engenharia de produção, que agregou valores acadêmicos e profissionais além de mais um degrau na academia.

A meus pais, irmãos, filhos que me apoiaram desde o início desta etapa.

A meus amigos e coordenadores da Universidade Nove de Julho que proporcionaram condições para a realização do curso.

A meus professores, que me preparam para chegar até aqui, sobretudo o professor orientador Geraldo Cardoso de Oliveira Neto por sua dedicação e compromisso.

Ao professor Dirceu da Silva por agregar valor nas análises quantitativas deste trabalho.

A José Carlos da Silva, que desde o início desta jornada me forneceu apoio externo no segmento estudado. Inúmeras foram as visitas e ligações pacientemente e gentilmente concedidas.

RESUMO

O processo de montagem de veículos no Brasil é liderado por empresas transacionais que seguem rigorosos padrões de qualidade em suas plantas industriais. Nestes padrões estão inseridas normas diretamente ligadas às questões ambientais. Procedimentos e auditorias em processos produtivos são realizados periodicamente para garantir que os impactos nocivos ao meio ambiente sejam minimizados. Entretanto, qual a verdadeira extensão das práticas ambientais? A pressão por baixos custos para aquisição das autopeças destinadas a montagem de veículos, cria um cenário competitivo na cadeia de fornecimento onde seus integrantes geram grandes esforços para atendimento aos requisitos ligados a questões ambientais. Neste contexto, surge o conceito de Ecologia Industrial, com o objetivo de verificar além dos portões das montadoras, no interior das instalações dos fornecedores das primeiras e segundas camadas de autopeças, se existem práticas ambientais integradas. Este trabalho desenvolveu uma pesquisa de campo nas primeiras e segundas camadas de fornecedores de autopeças denominados *Tier1* e *Tier2*, constatando-se que as práticas da ecologia industrial são mais presentes nas empresas *Tier 1* do que nas empresas *Tier 2* e que as barreiras que prejudicam a adoção das práticas da EI são mais presentes nos fornecedores *Tier 1* do que nas empresas *Tier 2*, possibilitando concluir que a pressão das montadoras está voltada para os fornecedores *Tier 1* que apesar de barreiras que prejudicam a adoção de práticas da EI, possuem três vezes mais práticas que seus fornecedores *Tier 2* que se limitam ao atendimento de práticas internas da EI.

A metodologia utilizada foi o método survey em 110 empresas do setor automotivo brasileiro e a análise e discussão dos dados foram feitas por meio de equações estruturais utilizando o sistema PLS.

Palavras-chave: Ecologia Industrial, práticas da ecologia industrial, barreiras da ecologia industrial, setor automotivo.

ABSTRACT

The process of vehicle assembly in Brazil is led by transnational companies that follow strict quality systems on manufacturing plants. These systems are inserted directly standards related to environmental issues, procedures and audits processes are performed periodically to ensure that the harmful impacts on the environment are minimized. However, what the true extent of environmental practices? What the true extent of environmental practices? Is it possible observe effective controls on manufacturers, due to its structure and power of investment, what about your supply chain? The pressure for lower costs for acquisition of auto parts destined for assembly of vehicles, creates a competitive environment in the supply chain where their members generate great efforts to meet the requirements linked to environmental issues, requirements that can interfere with productivity requiring changes on production processes, high investments in equipment for waste treatment and specialized personnel for implementation and monitoring of requirements relating to environmental protection. In this context, the concept of Industrial Ecology, in order to check out beyond the gates of the manufacturing plants, inside the factories of the first and second tier of suppliers of auto parts, if there are integrated environmental practices. This dissertation conducted a field survey in the first and second tier of parts suppliers called Tier1 and Tier2, if noting that the industrial ecology practices are over-represented in companies Tier 1 than in Tier 2 companies, and the barriers that hinder the adoption of IE practices are more present on suppliers Tier 1 than Tier 2 companies, making it possible to conclude that the pressure from automakers are focused on the Tier 1 suppliers that despite barriers that hinder the adoption of the IE practices, they have three times more practical than its suppliers Tier 2 that limited service internal practices of IE. The methodology used was the survey method in 110 companies in the Brazilian automotive industry and the analysis and discussion of the data were made by means of structural equations using the PLS system.

Keywords: Industrial Ecology, industrial ecology practices, industrial ecology barriers, automotive sector.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Distribuição dos autores que mais publicaram artigos entre 1991 e 2014 sobre Ecologia industrial e suas práticas.....	26
FIGURA 2 - Apresentação da evolução da publicação entre 1991 e 2014 sobre ecologia industrial e suas práticas.....	27
FIGURA 3 - Apresentação das revistas que publicaram artigos sobre a ecologia industrial e suas práticas.....	28
FIGURA 4 - Modelo estrutural representando as hipóteses	42
FIGURA 5 - Modelo estrutural representando as barreiras e práticas da EI para as empresas <i>Tier 1</i>	55
FIGURA 6 - Modelo estrutural representando as barreiras e práticas da EI para as empresas <i>Tier 2</i>	55
FIGURA 7 - Modelo ajustado para empresas Tier 1.....	57
FIGURA 8 - Validação da significância das correlações e regressões.....	60
FIGURA 9 - Modelo ajustado após retirada de variáveis.....	64
FIGURA 10 - Validação da significância das correlações e regressões Tier 2.....	66

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	Práticas da Ecologia Industrial.....	29
QUADRO 2 -	Trabalhos que citaram Adamides.....	36
QUADRO 3 -	Trabalhos que definiram as barreiras da EI	37
QUADRO 4 -	Comparação entre as abordagens quantitativa e qualitativa com relação a algumas características.....	44
QUADRO 5 -	Síntese do ajuste de modelos no SmartPLS.....	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Distribuição dos profissionais entrevistados por cargo em que ocupa <i>Tier 1</i>	49
TABELA 2 - Distribuição dos profissionais entrevistados por cargo em que ocupa <i>Tier 2</i>	50
TABELA 3 - Distribuição dos profissionais entrevistados nas empresas <i>Tier 1</i> por anos em que ocupa no cargo.....	51
TABELA 4 - Distribuição dos profissionais entrevistados nas empresas <i>Tier 2</i> por anos em que ocupa no cargo.....	51
TABELA 5 - Distribuição dos profissionais entrevistados por formação das empresas <i>Tier 1</i> ...	52
TABELA 6 - Distribuição dos profissionais entrevistados por formação das empresas <i>Tier 2</i> ...	52
TABELA 7 - Distribuição dos profissionais pesquisados por porte da empresa <i>Tier 1</i> em que trabalha.....	53
TABELA 8 - Avaliação da validade convergente (AVE).....	55
TABELA 9 - Avaliação da validade convergente (AVE), após retirada das variáveis práticas e barreiras não relevantes para as empresas <i>Tier 1</i>	56
TABELA 10 - Confirmação da validade discriminante.....	58
TABELA 11 - Avaliação da validade preditiva para as empresas <i>Tier 1</i>	60
TABELA 12 - Avaliação da validade convergente (AVE) para empresas do <i>Tier 2</i>	62
TABELA 13 - Avaliação da validade convergente (AVE), após retirada das variáveis práticas e barreiras não relevantes para as empresas <i>Tier 2</i>	62
TABELA 14 - Confirmação da validade discriminante <i>Tier 2</i>	64
TABELA 15 - Avaliação da validade preditiva para as empresas <i>Tier 2</i>	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Alfa de Cronbach
AVE	Avaliação da validade convergente
BEI	Barreiras da ecologia industrial
CC	Confiabilidade Composta
EI	Ecologia Industrial
GSM	Green Supply Manager
IE	Industrial Ecology
IMDS	International Material Data System
PEI	Práticas da ecologia industrial
PLS	Partial Least Square
SEM	Structural Equation Modeling
VL	Variáveis Latentes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	158
1.1	OBJETIVO GERAL.....	22
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.3	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	22
1.4	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	23
1.5	METODOLOGIA.....	24
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2	CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA	26
2.1	CONCEITOS BÁSICOS.....	26
2.2	REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA.....	27
2.2.1	AUTORES QUE PUBLICARAM SOBRE AS PRÁTICAS DE ECOLOGIA INDUSTRIAL.....	27
2.2.2	EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A ECOLOGIA INDUSTRIAL E SUAS PRÁTICAS POR ANO DE PUBLICAÇÃO.....	28
2.2.3	PERIÓDICOS QUE MAIS PUBLICARAM SOBRE A ECOLOGIA INDUSTRIAL E SUAS PRÁTICAS.....	28
2.3	REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE AS PRÁTICAS E BARREIRAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL.....	28
2.3.1	PRÁTICAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL.....	29
2.3.2	BARREIRAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL.....	37
2.4	PROPOSIÇÃO DE HIPÓTESES E MODELO CONCEITUAL.....	42
3	CAPÍTULO 3 - MÉTODO E TÉCNICAS DE PESQUISA.....	44
3.1	REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA.....	605
3.2	APLICAÇÃO DE TESTE PILOTO.....	46
3.2.1	APLICAÇÃO DE SURVEY	47

4	CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	51
4.1	DADOS DAS EMPRESAS E DOS PROFISSIONAIS	51
4.2	ANÁLISE MULTIVARIADA DOS DADOS POR MEIO DE EQUAÇÃO DE MODELAGEM ESTRUTURAL.....	54
4.2.1	AJUSTE DOS MODELOS	54
4.2.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS PARA AS EMPRESAS TIER 1.....	57
4.2.2.2	VALIDADE DISCRIMINANTE.....	60
4.2.2.3	AVALIAÇÃO DAS SIGNIFICÂNCIAS DAS CORRELAÇÕES E REGRESSÕES	60
4.2.2.4	AVALIAÇÃO DOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO DE PEARSON (R2).....	60
4.2.2.5	AVALIAÇÃO DA VALIDADE PREDITIVA (Q2) OU INDICADOR DE STONE- GEISSER.....	62
4.2.2.6	AVALIAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CAMINHO.....	62
4.2.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS PARA AS EMPRESAS TIER 2.....	63
4.2.3.1	AVALIAÇÃO DA VALIDADE CONVERGENTE (AVE > 0,50) DO MODELO PARA EMPRESAS TIER 2.....	64
4.2.3.2	VALIDADE DISCRIMINANTE.....	66
4.2.3.3	AVALIAÇÃO DAS SIGNIFICÂNCIAS DAS CORRELAÇÕES E REGRESSÕES.....	66
4.2.3.4	AVALIAÇÃO DOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO DE PEARSON (R2).....	67
4.2.3.5	AVALIAÇÃO DA VALIDADE PREDITIVA (Q2) OU INDICADOR DE STONE- GEISSER.....	67
4.2.3.6	AVALIAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CAMINHO.....	68
5	CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	<u>69</u>
6	CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES.....	71
	REFERÊNCIAS	72

INTRODUÇÃO

No processo de evolução das atividades humanas, fica evidente que todo bem produzido, todo serviço prestado gerou e continuará gerando resíduos e degradação ambiental desde a extração das matérias primas no início da cadeia de suprimentos, passando por etapas de transformação até chegar ao estágio de produto acabado destinado ao consumidor final e após seu uso ou consumo, ocorre o descarte do próprio produto ao fim de sua vida útil e também embalagens e insumos no caso de produtos que são ingeridos exemplo alimentos e bebidas (GRAEDEL e ALLEMBY, 1995).

Nas ultimas três décadas, a preocupação com a geração de lixo e resíduos não surtia efeito devido o espaço suficiente para o descarte e a facilidade para encontrar e extrair matérias-primas no meio ambiente. Com o aumento da população mundial, a revolução industrial e a consolidação do modelo capitalista de consumo em esfera mundial contribuíram para degradar a biosfera. Neste processo de autodestruição, são destacados o efeito estufa, destruição da camada de ozônio, acidificação do solo e de águas superficiais, dissipação de substâncias não biodegradáveis no ambiente, acúmulo de lixo radioativo, diminuição da área de florestas tropicais e da biodiversidade, etc. (ALMEIDA e GIANNETTI, 2006).

Considera-se também a escassez e consecutivamente maiores esforços na aquisição das matérias primas e que o meio ambiente não comporta o alto volume de lixo e resíduos em grande parte com alto poder toxicológico, muitas vezes com efeitos irreversíveis (BERKEL e LAFLEUR, 1997).

Dentro deste contexto, surge a Ecologia Industrial (EI) para solucionar os problemas oriundos de um sistema baseado em consumo que gera volumes excessivos de lixo (GRAEDEL e ALLEMBY, 1995).

A EI consiste na interpretação, adaptação e compreensão do sistema natural aplicada no sistema industrial (ALMEIDA e GIANNETTI, 2006; LEIGH e LI, 2014). A EI utiliza a metáfora biológica dividida em metabolismo natural, que compreende os organismos vivos funcionando em conjunto em dada área. Com isso, interage com o ambiente estabelecendo fluxos de energia e fluxos de materiais cujos resíduos são completamente aproveitados por saprófagos, decompositores, organismos heterotróficos, principalmente bactérias e fungos. Outra metáfora, consiste em entender a EI como um metabolismo industrial que compreende as indústrias operando

em conjunto em dada área, interagindo com o ambiente, porém gerando impactos ambientais, realizando fluxos de energia e fluxos de materiais cujos resíduos deveriam ser reciclados além da realização e tratamento de resíduos efluentes e emissões de poluentes (ODUM, 1988). Desta forma, o objetivo de se estudar a EI é fazer com que a energia seja aproveitada com a máxima eficiência entre empresas e que os materiais circulem o máximo possível em uma rede interligada de modo a retardar sua disposição final no meio ambiente (HARPER e GRAEDEL, 2004; ALMEIDA e GIANNETTI, 2006).

O modelo tradicional de atividade industrial tem seus processos de fabricação individuais retirando matérias primas, gerando produtos para ser vendidos e resíduos que devem ser eliminados, este sistema deve ser transformado em um modelo mais integrado: um ecossistema industrial. Num tal sistema, o consumo de energia e materiais é otimizado, a geração de resíduos é minimizada e os efluentes de um processo servem como matéria-prima para outro processo (FROSCH e GALLOPOULOS, 1989).

Ecologia Industrial é o meio pelo qual a humanidade pode deliberada e racionalmente aproximar e manter uma desejável capacidade de carga, tendo em vista o desenvolvimento econômico, cultural e tecnológico. O conceito requer que um sistema industrial deve ser visto não isoladamente de seus sistemas ao redor, mas em concerto com eles. É uma visão sistêmica, com o objetivo de otimizar o ciclo total de materiais a partir de material virgem, resultando em produto acabado ou componente de produto, também produtos obsoletos, e para disposição final de todo material que não pode ser aproveitado (GRAEDEL e ALLEMBY, 1995).

Na literatura pesquisada foi possível identificar que não existe unanimidade para o conceito de EI. Alguns trabalhos restringem ecologia industrial para o estudo de fatores biológicos, processos químicos e físicos (GARNER e KEOLEIAN, 1995), enquanto outros trabalhos incluem o estudo da informação, incentivos legais e econômicos em EI (FROSCH, 1995; SAGAR e FROSCH, 1997), ou ainda o estudo de estruturas inter-organizacionais e intra-organizacionais, arranjos físicos e coordenação (DILLON, 1994; BOONS e BAAS, 1997).

A aplicação da EI vem sendo adotada desde 1970, quando os efeitos da degradação ambiental em consequência das atividades industriais foram simulados em análise de sistemas para alertar os processos produtivos existentes na época (MEADOWS e DENNIS, 1972). Com isso, é considerada uma nova abordagem da relação entre a indústria e o meio ambiente e vem sendo estudado principalmente nos Estados Unidos, na Comunidade Europeia e no Japão. No Brasil a EI

ainda é um tema novo e desconhecido no meio acadêmico e principalmente, no meio empresarial (ARAUJO et al. 2012).

Inicialmente houve o interesse em descrever os fluxos de materiais e energia inerentes aos processos industriais como um sistema metabólico, utilizando-se o termo Metabolismo Industrial que se fundamenta na aplicação de balanços de massa para circulação de materiais e energia ao longo dos processos produtivos (AYRES e AYRES, 2002). Este sistema foi aperfeiçoado para o conceito de EI que se tornou mundialmente conhecido a partir da publicação do artigo Estratégias de Manufatura, demonstram a possibilidade de desenvolver métodos de produção menos danosos ao meio ambiente, substituindo-se os processos produtivos isolados por sistemas integrados chamados de ecossistemas industriais (FROSCHE e GALLOPOULOS, 1990).

A EI está baseada na redução da utilização de matérias-primas (entradas no sistema), resultando em produtos e resíduos (saídas do sistema), sendo substituídos por sistemas que possibilitassem o aproveitamento interno de resíduos gerando subprodutos, reduzindo assim as entradas e saídas externas (FROSCHE e GALLOPOULOS, 1990). Ainda se sugere que a ecologia industrial opera em três níveis: Nível empresa que inclui o projeto para o meio ambiente, prevenção da poluição, eco eficiência e contabilidade verde; Nível entre empresas, denominado simbiose industrial são iniciativas que envolvem análise de ciclo de vida (ACV) no setor industrial, e nível regional / global que incluem os orçamentos e os ciclos de bens materiais, estudos de fluxo de energia (metabolismo industrial) e desmaterialização, descarbonização dos resíduos (CHERTOW, 2004).

A EI propõe o estudo do sistema industrial inserido no ambiente, e não somente o estudo de um conjunto de empresas, considerando que todos os resíduos/materiais devem ser continuamente reciclados dentro do sistema e somente a energia solar ilimitada seria utilizada e eliminada naturalmente (SANTOS, 2010). Tem como objetivo formar uma rede de processos industriais mais elegantes e com menos desperdício (AUSUBEL, 1993).

Após o entendimento sobre os principais conceitos de EI, realizou-se revisão sistemática nos artigos que relacionam práticas da EI aplicadas em vários segmentos. No setor automotivo, foi demonstrado que o automóvel vem sofrendo alterações a partir de materiais e sistemas energeticamente ineficientes para um sistema muito mais sustentável utilizando os princípios da EI (ALLEMBY, 2000). Outra pesquisa no setor automotivo abordou que a EI está relacionada com questões de escala econômica, design de produto e tecnologia de processo, que tem o potencial

para melhorar o desempenho da sustentabilidade (WELLS e ORSATO, 2005). No setor automotivo também existe a falta de uma base de dados realista para cada localidade. Isso dificulta a adoção das práticas da EI devido a ausência de informações sobre impactos ambientais na concepção de cada componente (BORCHARDT et al., 2008).

No setor de transportes a EI possibilita a integração entre organizações a fim de utilizar melhor os veículos e rotas existentes para a gestão adequada dos resíduos (KUO e CHEN, 2009; LEIGH e LI, 2014). Em outra pesquisa constatou-se a fragilidade no gerenciamento dos materiais além de falhas regulatórias existentes que prejudicam a implementação das práticas da EI (HOND, 1999). Identificou-se no setor de metalurgia que a priorização na regulamentação governamental, aumento da exigência no mercado pela certificação ISO 14000 e consumidores verdes favorecem o crescimento da EI (DRIZO e PEGNA, 2006).

Uma pesquisa realizada no setor de componentes eletrônicos enfatizou que a EI não só deve ser voltada para a redução dos impactos ambientais, como também ser uma alternativa de planejamento estratégico para gerar ganhos econômicos (CHIU e YONG, 2004). No setor de cortume foi enfatizado que a EI requer esforços na integração entre as empresas a fim de desenvolver e implementar tecnologias limpas (GIANNETTI, BONILLA e ALMEIDA, 2004).

No setor de carvoaria foi destacada a análise do ciclo de vida como importante ferramenta da EI (KITUYI, 2004). Outro estudo cita a produção limpa em diversos setores industriais como um instrumento para alcançar a EI por meio do balanceamento industrial com o uso sustentável dos recursos naturais (BERKEL, WILLEMS e LAFLEUR, 1997). Ainda para o segmento industrial abrangendo diversos setores identificou-se que o conceito de EI foi concebido para comparar os pontos fortes e fraquezas de diferentes abordagens, auxiliando as empresas no planejamento e avaliação das atividades da EI nas operações produtivas por meio das práticas da EI mais apropriadas para cada tipo de empresa (BERKEL e LAFLEUR, 1997). Também para segmentos industriais diversos, os processos produtivos e os produtos resultantes necessitam dos conceitos da EI para o complexo funcionamento dos ecossistemas industriais (HARPER e GRAEDEL, 2004). Outro estudo realizado em segmentos diversos identificou que o sistema de consumo predominante é impulsionado para produtos com vida útil reduzida, o que requer alto volume de materiais ao longo do processo produtivo além da geração de enormes quantidades de resíduos. As decisões industriais têm pouco controle sobre estes resíduos e focam em responder as demandas dos consumidores (ROURKE, CONNELLY e KOSHLAND, 1996).

Portanto, na literatura existente não se constatou pesquisas que avaliassem as práticas da EI e as barreiras que dificultam a implantação da EI, considerando os fornecedores de primeiras e segundas camadas denominados como *Tier 1* e *Tier 2*, do setor automotivo brasileiro.

1.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o impacto das barreiras da EI sobre a implantação das práticas da EI, considerando os fornecedores *Tier 1* e *Tier 2* do setor automotivo brasileiro.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a revisão bibliométrica e sistemática sobre as práticas e barreiras da ecologia industrial;
- Validar o instrumento de pesquisa por meio de teste piloto;
- Realizar *Survey* em 100 fornecedores das primeiras e segundas camadas do setor automotivo brasileiro, denominados tier 1 e tier 2 respectivamente.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Gil (2008), delimitar a pesquisa é estabelecer limites para a investigação. Neste âmbito, a pesquisa pode ser delimitada pelo assunto que se pretende pesquisar, pela extensão ou série de fatores que podem restringir o seu campo de ação.

Essa pesquisa foi delimitada no setor automotivo devido sua representação significativa na economia, além de envolver processos industriais que possuem dificuldades evidentes em conciliar objetivos ambientais com objetivos sociais e econômicos (GRAEDEL e ALLEMBY, 1995). Salienta-se que a indústria automotiva atua em mercado competitivo, de alto valor agregado, e com distribuição de produtos em nível mundial, possuindo requisitos de segurança e baixa tolerância a falhas. Mesmo assim, de modo geral a produção de veículos vem apresentando balanço ambiental negativo (BORCHARDT et al. 2008). A organização entre empresas com foco no fluxo

dos materiais e aplicação dos princípios da EI, possibilitam o desenvolvimento sustentável da cadeia de suprimentos (LEIGH e LI, 2014).

Também, a pesquisa foi delimitada em fornecedores de primeiras e segundas camadas denominados *Tier 1* e *Tier 2*, devido ao fato de que as práticas da ecologia industrial possam existir nessas camadas de fornecedores, principalmente na primeira camada. Nas empresas *Tier 1* e *Tier 2* existem diversas exigências para estabelecer um contrato de fornecimento como registrar o produto na *International Material Data System* (IMDS), que consiste em banco de dados com registros de todas as partes de itens automotivos e suas composições químicas, além da exigência de certificação de qualidade ISO 14000 (BORCHARDT et al. 2008).

Em complemento é destacado que o conceito da EI é essencial para os desafios de atender a demanda através de uma engenharia sustentável (BISWAS, 2011).

Este trabalho analisou as práticas da EI e as barreiras que dificultam a implantação da EI, delimitando-se a empresas *Tier 1* e *Tier 2* pertencentes ao setor automotivo no Brasil.

1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A contribuição teórica dessa pesquisa consiste na definição das práticas existentes da EI, justificando-se pela ausência de pesquisas com o propósito de analisar as práticas utilizadas pela EI e as barreiras que dificultam a adoção da EI em empresas *Tier 1* e *Tier 2* do setor automotivo brasileiro.

A contribuição do trabalho consiste em estabelecer para empresas *Tier 1* e *Tier 2* sobre as práticas da EI. Nesse contexto, após o conhecimento do panorama atual, as empresas poderão atualizar e implantar outras práticas que impulsionam a EI (BERKEL e LAFLEUR, 1997). Além disso, a EI promove uma combinação de negócios, meio ambiente e sociedade contribuindo para o desenvolvimento de uma indústria sustentável (CHARMONDUSIT, 2012).

Com o conhecimento das barreiras, as empresas poderão desenvolver estratégias para superar obstáculos que prejudicam a adoção da EI favorecendo assim o meio ambiente (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009).

1.5 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza aplicada e pretende analisar as duas proposições, citadas do item 1.2.

A pesquisa aplicada é aquela que auxilia o pesquisador na identificação de informações sobre um determinado problema que se pretende obter uma resposta, além de auxiliar no descobrimento de novos fenômenos relacionados à área em estudo (MARCONI e LAKATOS, 2010).

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de identificar a lacuna de pesquisa e se aprofundar no campo de estudo, salienta-se a importância de se identificar estudos já realizados para conhecer o tema em estudo (GIL, 2008).

Após a revisão bibliográfica foi realizada uma pesquisa bibliométrica para identificar o estado da arte sobre as práticas da EI e as barreiras que dificultam sua adoção nas empresas *Tier 1* e *Tier 2* do setor automotivo brasileiro.

O estudo bibliométrico consiste na avaliação quantitativa e estatística da produção científica, permitindo ao pesquisador identificar as atividades e a produção científica do tema (FONSECA, 1986).

Com a revisão da literatura foi desenvolvido o questionário. A importância de se elaborar um questionário de pesquisa permite a combinação de diferentes métodos para estudar o fenômeno. Dentre estes métodos estão a realização de entrevistas utilizando formulário e questionário de pesquisa, as observações diretas e as análises das respostas para a realização do teste piloto (GIL, 2008).

O questionário foi estruturado em três blocos: O bloco 1 armazena dados referentes a organização e ao pesquisado.

O bloco 2 refere-se ao grau de implantação de práticas da EI pela empresa respondente utilizando-se a seguinte escala: (1) não implantado; (2) está no plano para implantação; (3) parcialmente implantado; (4) implantado com uso esporádico; (5) plenamente implantado na rotina empresarial.

O bloco 3 mostra assertivas sobre as barreiras para implantação de práticas da ecologia industrial. Nesse bloco, solicita-se a análise do grau de influência da barreira sobre as práticas da ecologia industrial pelo respondente conforme a escala a seguir:

(1) não influencia; (2) pouca influencia; (3) Influencia parcialmente; (4) Influencia; (5) Influencia plenamente.

O teste piloto foi realizado com o intuito de identificar possíveis melhorias no questionário. Os feedbacks dos especialistas colaboraram para a validação do instrumento de pesquisa.

Com o questionário validado, foi realizado um *survey* em cento e dez empresas, utilizando o *google docs* para coleta de dados.

Para a análise dos dados adotou-se a modelagem de equações estruturais por meio do *software Smart PLS*.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para melhor entendimento do assunto estudado, esta dissertação foi dividida em cinco capítulos como segue:

- O primeiro capítulo é introdutório, no qual são abordados os aspectos referentes ao tema proposto com as justificativas de sua realização.
- O segundo capítulo envolve a revisão bibliográfica e bibliométrica, apresentando estudos publicados sobre o tema na procura de lacunas de pesquisa.
- O terceiro capítulo é de caráter metodológico, esclarecendo as questões técnicas da pesquisa, detalhando a estrutura da dissertação.
- O quarto capítulo refere-se à apresentação dos resultados obtidos no campo com a aplicação do instrumento de pesquisa para análise das práticas e barreiras da EI nas empresas pesquisadas do *Tier 1* e *Tier 2*.
- O quinto capítulo demonstra a discussão dos resultados encontrados na pesquisa de campo com a literatura.
- No sexto capítulo se conclui a dissertação com as considerações finais e sugestões para pesquisas futuras e contribuições para adoção de práticas da EI em outros setores da indústria.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA SOBRE AS PRÁTICAS E BARREIRAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre a EI no setor automotivo, destacando a importância de sua aplicação no setor e como a literatura conceitua as práticas que são utilizadas na adoção da EI.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Estudos realizados mencionam que o conceito de ecologia industrial pode resultar em alternativa para a indústria automotiva, que tem o potencial para melhorar o desempenho da sustentabilidade nos países em que este setor é atuante Wells e Orsato, (2005), entretanto, embora a IE pode ajudar a melhorar produtividade dos recursos, barreiras impostas a sua implantação acabam por diminuir a posição competitiva da empresa em vez de melhorá-la (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009).

A Ecologia Industrial tem grande potencial para redesenhar a indústria responsável pela produção, venda e suporte de automóveis. Nesta pesquisa, foram demonstrados exemplos a partir de pequenos fornecedores na indústria automotiva, onde as funções de produção e venda de resíduos são combinadas em um único local, resultando em múltiplas instalações de pequena escala servindo a mercados locais e regionais (WELLS e FELLOW, 2005).

Demonstrando preocupação com os efeitos negativos na produção de veículos automotores, a EI não se limita apenas na produção do bem, mas também em sua utilização que consome recursos naturais sendo combustíveis fósseis ou orgânicos além da emissão de gases tóxicos. Um exemplo pode ser observado a partir de 1960, quando nos EUA os veículos apresentavam um consumo elevado de combustível e nenhum controle de emissão, mas, com efeito entre 1975 e 1991 após a criação dos requisitos da Política de Energia e Lei de Conservação, o novo carro médio nos EUA aumentou significativamente de 15,8 para 27,8 milhas por galão de combustível, e as emissões por veículo em carbono orgânico volátil (VOC) e monóxido de carbono foram reduzidos significativamente (ALLEMBY, 2000).

Neste contexto, entende-se para a adoção de EI é imprescindível a implantação de práticas ambientais na rede de suprimentos. A prática da EI consiste em atividades que são executadas pelas empresas para redução de impacto ambiental (BERKEL, WILLEMS, LAFLEUR, 1997). Outros trabalhos consideram práticas como ferramentas da EI, tendo o mesmo significado no que tange a execução (HOND, 1999; FROSCHE e GALLOPOULOS, 1990; CHARMONDUSIT et al.

2012; JUNG et al. 2013; BERKEL e LAFLEUR, 1997; HARPER e GRAEDEL, 2004; WELLS e ORSATO, 2005; BISWAS, 2012; KLEIJN e VOET, HAES, 2008). Também foi constatado o termo princípios e políticas da EI com a mesma denominação de práticas (ALLENBY, 2000), e finalizando, existem trabalhos que definem a composição da EI como abordagens (MCCALL e PATEL, 1991; LEIGH e LI, 2014; KUO e CHEN, 2009). Este trabalho utilizou todos estes conceitos, práticas, abordagens e ferramentas, entretanto, será adotado o termo práticas.

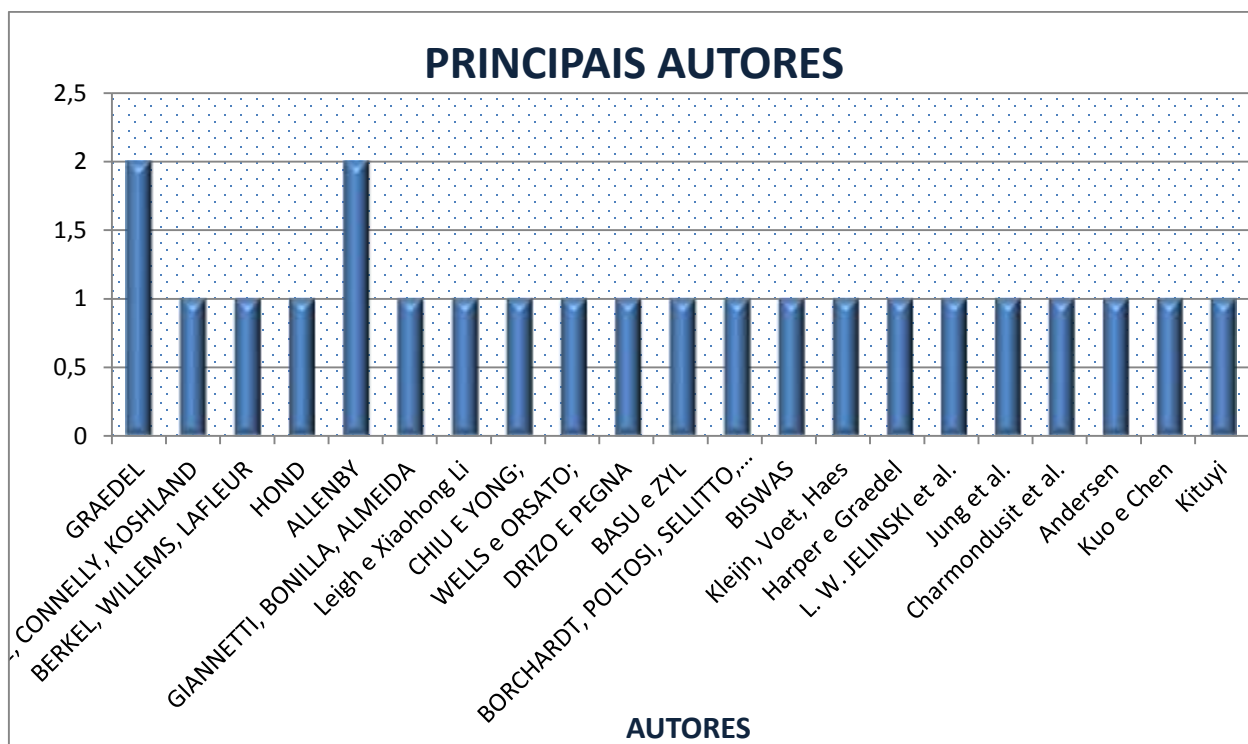
2.2 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E SISTEMÁTICA

O capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre a ecologia industrial e suas práticas, a bibliometria sobre a ecologia industrial demonstrando principais autores, ano de publicação, principais periódicos além de destacar as práticas e as barreiras envolvidas na adoção da ecologia industrial. Pretende-se assim, contribuir para a identificação das lacunas de pesquisas.

2.2.1 Autores que publicaram sobre as práticas de ecologia industrial

A ecologia industrial vem sendo pesquisada por diversos autores em todo o mundo. Conforme representado na figura 1, observa-se a quantidade de 23 artigos publicados que estão relacionados com as práticas de ecologia industrial, entre 1991 e 2014. Observa-se que a EI mesmo sendo estudada com inúmeros casos práticos, ainda é um campo modesto em publicações científicas.

Figura 1 - Distribuição dos autores que mais publicaram artigos entre 1991 e 2014 sobre ecologia industrial e suas práticas.



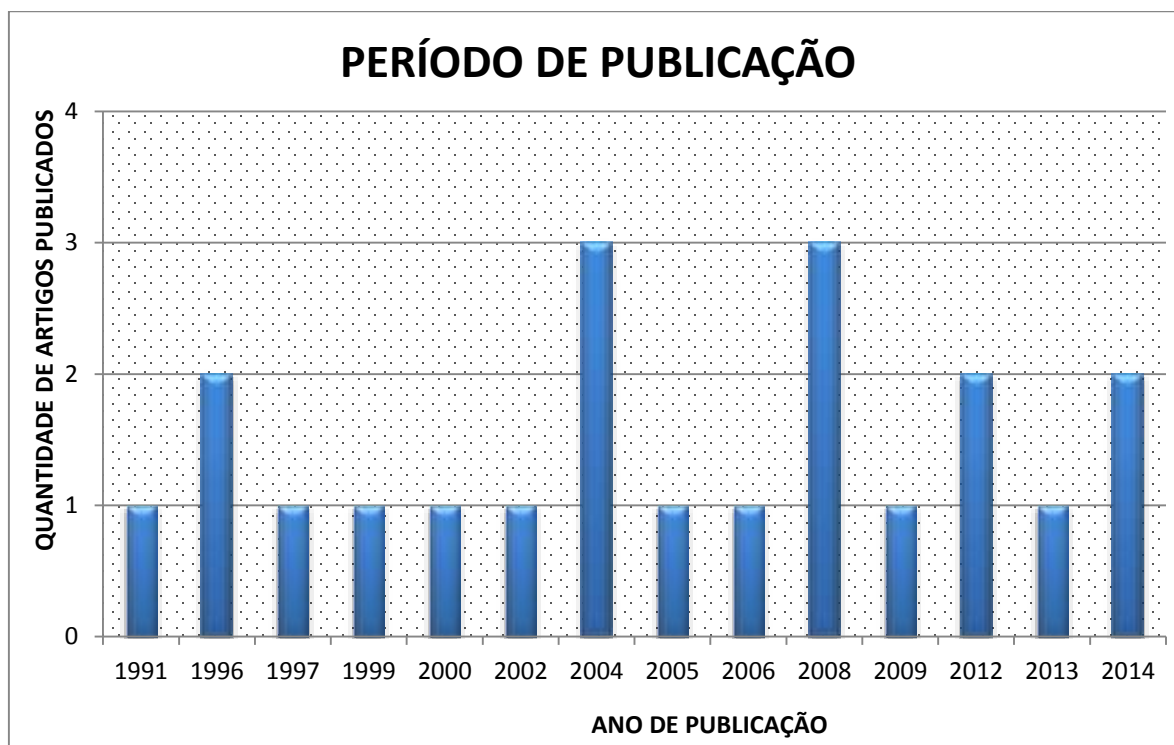
Fonte: Do autor

2.2.2 Evolução da produção científica sobre a ecologia industrial e suas práticas por ano de publicação

A pesquisa sobre ecologia industrial e suas práticas teve início na década de 1991, embora o surgimento do conceito ocorreu em 1971 na publicação de Eugene P. Odum, com fundamentos da ecologia, sendo uma das referências básicas tratando dos sistemas produtivos humanos inseridos no meio ambiente.

O entendimento que a EI é composta por práticas surge em 1990 na pesquisa Frosch e Gallopoulos, demonstrando que o modelo tradicional de atividade industrial onde os processos de fabricação exigem matérias-primas para gerar produtos e também os resíduos deste processo, os produtos serão vendidos e mais resíduos serão eliminados sendo necessário um modelo mais integrado: um ecossistema industrial. Neste sistema, o consumo de energia e materiais é otimizado, a geração de resíduos é minimizada e os efluentes de um processo irão servir como matéria-prima para outro processo. É possível notar na figura 2 que as publicações são modestas em quantidade e a partir de 1996 as publicações tiveram menos periodicidade ao passar dos anos.

Figura 2 - Apresentação da evolução da publicação entre 1991 e 2014 sobre ecologia industrial e suas práticas.

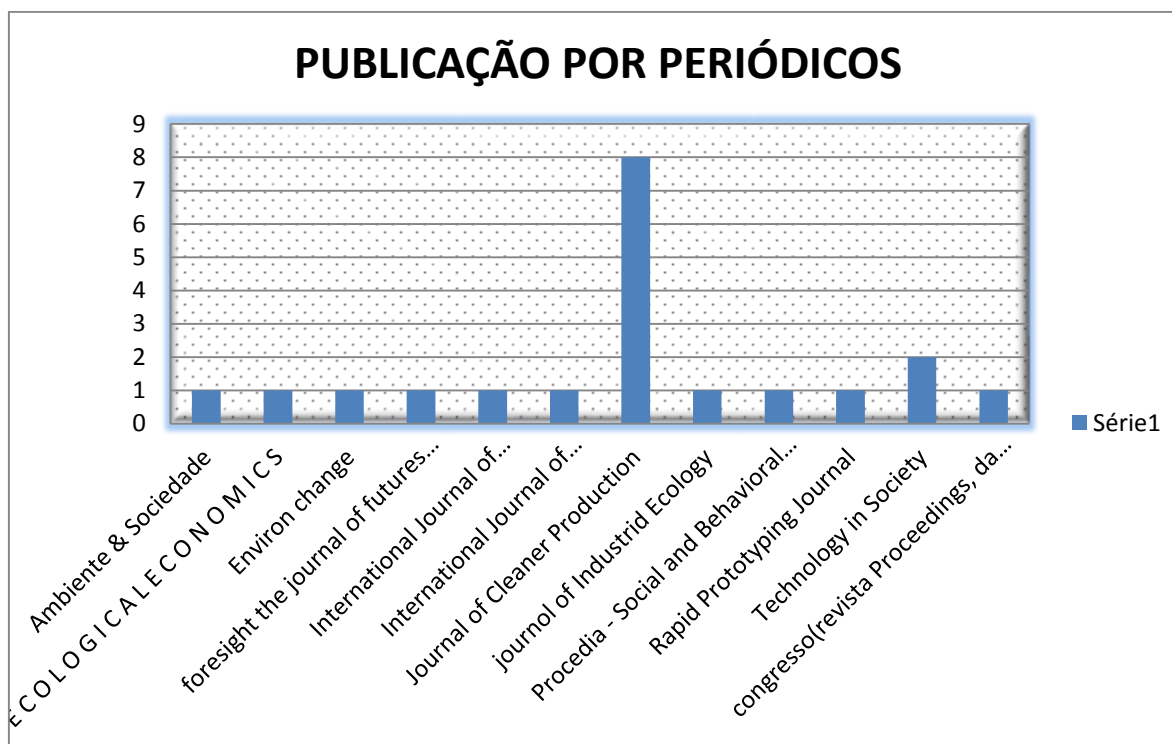


Fonte: Do autor

2.2.3 Periódicos que mais publicaram sobre a ecologia industrial e suas práticas

A EI vem sendo pesquisada por diversos autores em todo o mundo. Conforme representado no figura 3, observa-se a quantidade de 21 artigos publicados sobre a EI e suas práticas.

Figura 3 - Apresentação das revistas que publicaram artigos sobre a ecologia industrial e suas práticas.



Fonte: Do autor

2.3 REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE AS PRÁTICAS E BARREIRAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL

Nesta seção deve se conceituar praticas da EI e barreiras que dificultam sua implantação.

2.3.1 Práticas da ecologia industrial

Foram constatados na literatura 19 trabalhos que definiram 18 práticas da EI, conforme o Quadro 1, que são: Análise De Ciclo De Vida; Análise de Fluxo de Materiais; Projeto para o Meio Ambiente(DFE); DFE de processos; DFE redes logísticas; Produção Limpa; Cadeia de Suprimentos Verde; Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14000); Prevenção da Poluição; Simbiose Industrial; Química Verde (controle no uso de produtos perigosos); Reciclagem e Reuso na Produção; Gerenciamento de Resíduos; Logística Reversa; Compra Verde; Tecnologia Limpa; Responsabilidade pelos Impactos Ambientais dos Produtores e Rotulagem Ecológica. No quadro 1 é possível visualizar a distribuição das práticas da EI com suas respectivas citações.

Quadro 1 – Práticas da Ecologia Industrial

		LCA - Análise De Ciclo De Vida	MFA - Análise De Fluxo De Materiais	DFE - Projeto para o Meio Ambiente (produto)	DFE - Processos	DFE - Redes logísticas	CP - Produção Limpa	GSCM - Cadeia de Suprimentos Verde	EMS - Sistema De Gestão Ambiental (Iso 14000 E 50001)	P2 - Prevenção Da Poluição	IS - Simbiose Industrial	GC - Química Verde (controle no uso de produtos perigosos)	RR - Reciclagem e Reuso na Produção	MW - Gerenciamento de Resíduos	RI - Logística Reversa	GP - Compra Verde	ECT - Tecnologia Limpa	EPR - Responsabilidade pelos Impactos Ambientais dos Produtores	EC - Rotulagem Ecológica
AUTOR	ANO	PEI1	PEI2	PEI3	PEI4	PEI5	PEI6	PEI7	PEI8	PEI9	PEI10	PEI11	PEI12	PEI13	PEI14	PEI15	PEI16	PEI17	PEI18
ROURKE, CONNELLY, KOSHLAND	1996			X	X	X													
BERKEL, WILLEMS, LAFLEUR	1997						X												
BERKEL e LAFLEUR	1997	X	X	X	X	X	X												
HOND	1999	X	X	X	X	X													
ALLENBY	2000			X	X	X													
ANDERSEN	2002	X																	
GIANNETTI, BONILLA, ALMEIDA	2004	X					X										X		
HARPER E GRAEDEL	2004	X		X	X	X												X	
CHIU e YONG	2004	X	X																
KITUYI	2004	X						X											
WELLS e ORSATO	2005	X	X					X											
BASU e ZYL	2006						X			X									
BORCHARDT et al.	2008	X	X																
KLEIJN, VOET, HAES	2008	X	X																
KUO E CHEN	2009	X	X																
BISWAS	2011						X				X	X							
CHARMONDUSIT et al.	2012								X										
JUNG et al.	2013	X	X																
LEIGH e LI	2014			X	X	X		X	X	X			X	X	X	X			
TOTAL		12	8	6	6	6	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Do autor

A prática PEI1 - Análise do ciclo de vida está diretamente relacionada com a EI e consiste na avaliação desde a extração das matérias primas, seu processamento, distribuição do produto, além de propiciar a desmontagem de maneira simples e reciclagem para reuso após a disposição

final, visando a simbiose industrial, sendo possível a verificação dos relacionamentos entre o fabricante com outras organizações, que podem ser fornecedores e clientes. Desta maneira é possível ter definição do escopo, analisar o inventário de materiais, avaliar os impactos ambientais e interpretar os resultados para conclusões e recomendações em processos decisórios dos fabricantes e suas camadas de fornecimento. Este conceito é conhecido como acompanhamento “do berço ao túmulo” na EI (BERKEL e LAFLEUR, 1997; ANDERSEN, 2002; GIANNETTI, BONILLA, ALMEIDA, 2004; HARPER e GRAEDEL, 2004; CHIU e YONG, 2004; WELLS e ORSATO, 2005; BORCHARDT et al. 2008; KLEIJN, VOET, HAES, 2008; JUNG et al. 2013). Exemplo desta prática pode ser constatado no segmento farmacêutico Hond (1999) e no segmento industrial alemão (BERKEL e LAFLEUR, 1997).

A prática PEI2 – Análise de fluxo de materiais é compreendida como derivação da lei da termodinâmica, em que toda a entrada de material deve resultar em uma saída não havendo perda de matéria. Neste contexto realiza-se a análise dos materiais a fim de mensurar o balanço de massa na entrada e saída dos processos de empresas que relacionam como fornecedores e clientes, com o objetivo de verificar se não ocorre perda de recursos materiais, financeiros e naturais na rede de empresas (BERKEL e LAFLEUR, 1997; HOND, 1999; CHIU e YONG, 2004; WELLS e ORSATO, 2005; BORCHARDT et al. 2008; KLEIJN, VOET, HAES, 2008; KUO e CHEN, 2009; JUNG et al. 2013). Exemplo dessa prática pode ser observado no segmento alimentício segundo Kuo e Chen (2009) e no segmento plástico PVC (KLEIJN, VOET, HAES, 2008).

A prática PEI3 - Projeto para o Meio Ambiente (DFE) também se destaca como prática da EI e tem o objetivo de melhorar o desempenho ambiental dos produtos, atua no desenvolvimento do projeto do produto incluindo o processo produtivo e nas redes logísticas. Estes três critérios são muito relevantes na concepção da EI. O projeto do produto está focado no ecodesign desde o desenvolvimento, passando para o teste piloto e se necessário a realização de modificações que estejam alinhadas na redução do desperdício de energia elétrica, materiais e água utilizados no processo de produção além de promover a substituição de substâncias contaminantes ao meio ambiente. Também o projeto do produto deve considerar a destinação dos materiais oriundos do processo de desmonte após o fim de vida do produto, possibilitando o reparo dos componentes avariados e favorecendo a remanufatura e reutilização de componentes. As peças danificadas devem ser recicladas transformando-se novamente em matérias primas. Ressalta-se que a utilização de empresas terceirizadas especializadas facilita essas operações (ROURKE,

CONNELLY, KOSHLAND, 1996; BERKEL e LAFLEUR, 1997; HOND, 1999; ALLENBY, 2000; HARPER e GRAEDEL, 2004; LEIGH e LI, 2014).

A prática PEI 4 – DFE de processo consiste na implantação do sistema de gestão ambiental apoiado da produção mais limpa/prevenção da poluição (P2), centralizando os esforços na utilização eficiente de insumos produtivos e na minimização de emissões de gases poluentes, gerando ganhos ambientais além de reduzir os custos operacionais (ROURKE, CONNELLY, KOSHLAND, 1996; BERKEL e LAFLEUR, 1997; HOND, 1999; ALLENBY, 2000; HARPER e GRAEDEL, 2004; LEIGH e LI, 2014). Exemplos desta prática podem ser observados no segmento automotivo Allenby (2000) e no segmento farmacêutico (HOND, 1999).

A prática PEI 5 – DFE redes logísticas, o fabricante deve contratar empresas especializadas para recuperar e dar destinação correta aos produtos que foram coletados após o final de sua vida útil, assim é possível a separação dos componentes para reutilização, remanufatura e reciclagem tanto para o fabricante, quanto para outras empresas (HOND, 1999; ALLENBY, 2000; HARPER e GRAEDEL, 2004; LEIGH e LI, 2014). Exemplo desta prática pode ser constatado no estudo de caso de um distribuidor situado na Ucrânia no trabalho de Leigh e Li (2014) e no segmento automotivo (ALLEMBY, 2000).

A prática PEI6 – Produção limpa no contexto da EI refere-se à diminuição na geração de resíduos para o desenvolvimento de um produto com impacto ambiental reduzido ao longo do seu ciclo de vida. Produção mais limpa pode resultar em melhorias no uso de matérias-primas, além de considerar as consequências ambientais na utilização de materiais não-renováveis. Ao longo das últimas décadas, as indústrias respondem a degradação ambiental de cinco maneiras: ignorando o problema, diluindo a poluição, controlando ou tratando a poluição, realizando a prevenção da poluição e diminuição da geração de resíduos na fonte de produção. A última atividade tornou-se o objetivo que define a CP e combina o máximo de proteção para o ambiente com economia de recursos substanciais para a indústria e sociedade. Tem como objetivo a melhoria ambiental contínua e integrada de processos industriais e fabricação de produtos para prevenir a poluição do ar, da água e da terra. Desta forma são minimizados os riscos para a população humana e para o meio ambiente (BERKEL, WILLEMS, LAFLEUR, 1997; BERKEL e LAFLEUR, 1997; GIANNETTI, BONILLA, ALMEIDA, 2004; BASU e ZYL, 2006; BISWAS, 2011). Exemplo desta prática foi constatado na indústria de mineração no trabalho de Basu e Zyl (2006) e em uma empresa pertencente ao segmento de cortume (GIANNETTI, BONILLA, ALMEIDA, 2004).

A prática PEI7 – Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde é uma prática essencial da EI e possui como aspectos fundamentais a melhora do desempenho econômico e ambiental simultaneamente ao longo da cadeia de suprimento, estabelecendo relações de longo prazo entre compradores e fornecedores. As empresas têm desenvolvido um conjunto diversificado de iniciativas para GSCM, incluindo triagem de fornecedores para desempenho ambiental além de realizar treinamento para o desenvolvimento da capacidade de gestão ambiental, sistemas de logística reversa na recuperação de produtos e embalagens para reutilização e remanufatura. GSCM é capaz de gerar benefícios para o meio ambiente e também benefícios econômicos para as empresas, mas é importante observar que para sucesso na GSCM a organização deve possuir: um programa orientado com estratégias que compreendem os fluxos de materiais e informações do cliente para o fornecedor, com plena integração da qualidade ambiental na perspectiva de negócio da cadeia de abastecimento; possuir um conjunto interno de normas e diretrizes, com base na visão e liderança, constituído na base das estratégias do programa GSCM; estar focada em tecnologias limpas promovendo inovação na cadeia de abastecimento; consciência na relação cliente-fornecedor de modo a formar uma plataforma para a sustentabilidade no negócio a partir da direção da organização para os níveis hierárquicos inferiores e fornecer atenção a composição dos materiais e componentes dos produtos durante os processos produtivos (KITUYI, 2004; WELLS e ORSATO, 2005; LEIGH e LI, 2014). Exemplos desta prática podem ser observados no segmento de cortume segundo Kituyi (2004), e na indústria automotiva (WELLS e ORSATO, 2005).

A prática PEI8 - Sistema De Gestão Ambiental (ISO 14000 E 50001) com foco na EI, está relacionado com as atividades e processos direcionados em melhorias ambientais, apoiados pelas normas ISO 14000 que promovem ações voltadas para gestão ambiental e a ISO 50001 que estão centradas na redução e otimização do consumo de energia. Parte destes sistemas estão centrados na melhoria do desempenho ambiental e outra na transparência e busca de credibilidade em suas práticas ambientais (LEIGH e LI, 2014). Essa prática é indispensável para que empresas de segmentos diversos participem de mercados que impõem a exigência de fornecedores certificados com ISO 14000 segundo os autores.

A prática PEI9 - Prevenção à Poluição está relacionada com a EI e se concentra no controle das emissões dos resíduos industriais com o objetivo de reduzir a toxidade dos poluentes na fonte geradora, através da utilização da reciclagem e tratamento na disposição final e principalmente na

redução dos recursos não renováveis (LEIGH e LI, 2014). Esta prática segundo os autores é comum para empresas que possuem sistema de gestão ambiental certificado.

A prática PEI10 – Simbiose Industrial é a prática que mais se aproxima do conceito de EI, trata-se de uma sinergia industrial que conecta indústrias tradicionalmente separadas em uma abordagem coletiva, envolvendo troca física de materiais excedentes, resíduos, energia, água e subprodutos. Os pontos chave para a simbiose industrial são a colaboração e possibilidade de sinergia oferecidos pela proximidade geográfica Biswas (2011), segundo este autor esta prática é comum no segmento industrial.

A prática PEI11 - Química Verde (controle no uso de produtos perigosos) com foco na EI está relacionada com o design, desenvolvimento e implementação de produtos ou processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e geração de substâncias perigosas e tóxicas. Ela destina-se a reduzir a dispersão e acumulação de produtos químicos sintéticos no meio ambiente, procurando introduzir materiais, processos e produtos menos perigosos ao meio ambiente. Esta prática é essencial no segmento da indústria química e esta inserida na legislação para controle da poluição ambiental (BISWAS, 2011).

A prática PEI12 - Reciclagem e Reuso na Produção é uma prática inserida nos princípios da EI, aparecendo nas práticas citadas anteriormente como por exemplo compras verdes e logística reversa. Uma possível integração desta prática considerando a EI, oferece uma nova maneira de pensar nos potenciais e oportunidades entre as partes da cadeia de abastecimento, assim é possível desenvolver uma rede de fornecimento ambientalmente sustentável, exemplo desta prática pode ser constatado no controle de resíduos gerados recebimento, preparação e despacho de mercadorias no estudo de caso de uma empresa distribuidora de produtos com atuação mundial (LEIGH e LI, 2014).

A prática PEI13 - Gerenciamento de Resíduos alinhado com a EI deve basear-se em ações preventivas na redução do impacto negativo sobre o ambiente, ações corretivas são consideradas apenas como último recurso. Ambas as ações devem ter uma abordagem global, considerando que os problemas ambientais e suas soluções estão determinados por fatores tecnológicos, questões econômicas, físicas, sociais, culturais e políticas. Esta prática possui aplicação genérica para todos os segmentos, seja industrial ou serviços (BISWAS, 2011).

A prática PEI14 – Logística reversa envolve a manipulação de produtos devolvidos pelos canais de pós-vendas e pós-consumo e pela manipulação dos resíduos sólidos gerados durante o

processo produtivo e após a vida útil do produto, cujo objetivo é a reutilização, remanufatura e reciclagem, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros. Esta prática está inserida em empresas de *Supply Chain*, realizando conexões nos fluxos de transportes já existentes, aproveitando veículos e rotas para retirada e entrega de materiais (resíduos) (LEIGH e LI, 2014).

A prática PEI15 – Compra verde direcionada para EI requer uma integração logística e tecnológica com fornecedores, fortalecendo a colaboração de atividades favoráveis ao meio ambiente. A colaboração inclui o desenvolvimento de novos produtos e introdução de novas linhas de produção respeitando o meio ambiente. Enfatiza-se a importância de construir relacionamentos com fornecedores para um processo de abastecimento mais verde, além disso, os sistemas de informação verdes são precursores necessários para a implementação de compras verdes e podem ser influenciados por regulamentações, pressões de clientes e benefícios comerciais. Exemplo de implantação desta prática foi demonstrado no trabalho de Leigh e Li (2014), ressaltando que a organização precisa ter prioridade, acompanhamento e controle em todas questões ambientais.

A prática PEI16 - Tecnologia limpa é uma prática da EI voltada para as questões de toxidade, está relacionada na utilização de compostos não agressivos ao meio ambiente na produção de bens, na redução e controle dos resíduos gerados durante o processo produtivo, promovendo uma menor poluição ambiental e menor consumo de energia do que as tecnologias tradicionalmente usadas. Neste contexto ocorre o planejamento de alterações no sistema produtivo adotando tecnologias para prevenção da poluição, podendo ocorrer a substituição de máquinas e equipamentos durante o processo até o término da fabricação (GIANNETTI, BONILLA, ALMEIDA, 2004). Exemplo desta prática foi demonstrado pelos autores no estudo de caso de uma empresa beneficiadora de couro.

A prática PEI17 - Responsabilidade pelos Impactos Ambientais dos Produtores está ganhando popularidade como parte integrante de design de produto industrial. EPR refere-se à extensão da responsabilidade dos produtores pelos impactos ambientais dos produtos durante todo o seu ciclo de vida. Realiza a continuidade da fase de fim de vida de um produto e está focada em produtos de reuso, reciclagem e destinação correta de materiais. Trata-se de ponto importante da política ambiental na indústria em muitos países europeus, incluindo Áustria, Dinamarca, Suécia, Suíça, e Reino Unido, e também é aplicado no Japão, Taiwan Canadá e Estados Unidos. Claramente, estendendo a responsabilidade aos produtores em relação aos impactos ambientais

associados com seus produtos, gerando um enorme potencial para influenciar o design do produto (HARPER e GRAEDEL, 2004). Segundo os autores esta prática pode ser aplicada em segmentos diversos.

A prática PEI18 - Rotulagem ambiental se integra com a EI como uma prática informativa, refere-se aos atributos ambientais de um produto ou serviço em três faces: selos ambientais desenvolvidos por organizações independentes para produtos produzidos; por meio de declarações ambientais e rótulos desenvolvidos por organizações independentes sendo realizado uma concessão e licença de uso do rótulo. Um exemplo da utilização desta prática é que a rotulagem ambiental é obrigatória para importar e exportar produtos em muitos países, sobretudo da União Europeia (ROURKE, CONNELLY, KOSHLAND, 1996).

2.3.2 Barreiras da ecologia industrial

Dentre os vinte e um artigos selecionados na pesquisa, foi encontrado um trabalho de Adamides e Mouzakitis (2009) que define as barreiras que prejudicam a implantação da ecologia industrial. Ressalta-se que as barreiras conceituadas foram desenvolvidas com base na revisão crítica da literatura, possibilitando demonstrar todas as possíveis barreiras existentes.

Como a pesquisa foi publicada em 2009 foi realizada a análise sistemática dos artigos que citaram essa pesquisa com o objetivo de constatar se ocorreu o surgimento de outras barreiras, foram encontrados quatorze artigos dos quais seis citaram aspectos relacionados a barreiras e oito artigos que não estavam no escopo da pesquisa. No quadro 2 é possível notar que todos os trabalhos publicados a partir de 2009 não apresentaram novas barreiras, apenas alguns trabalhos corroboraram as barreiras (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009).

Portanto, existem oito barreiras que afetam a adoção de ecologia industrial pelas empresas, que são: Falta de tecnologia; Ausência de políticas governamentais; Barreiras culturais e psicológicas; Barreiras da demanda industrial; Barreiras de processos produtivos; Barreiras estruturais; Barreiras sociais e Barreiras econômicas.

Foi possível constatar que a barreira ligada a políticas governamentais foi mais evidenciada na literatura pesquisada (QIAN et al., 2011; LIU et al., 2012; PANYATHANAKUN et al., 2013; JIAO E BOONS, 2014). Barreiras estruturais, barreiras da demanda industrial, e barreiras

econômicas também foram corroboradas (PANYATHANAKUN et al., 2013; WANG, FENG, CHU, 2013; SCHILLER, PENN, BASSON, 2014).

Quadro 2 - Trabalhos que citaram Adamides e Mozakitis (2009)

AUTOR	ANO	TÍTULO	ASPECTO RELACIONADO À BARREIRA
QIAN et al.	2011	Systematic Methodology for Coping with the Information Asymmetry of Eco-industrial parks Planning and Construction	Neste trabalho os autores salientam que a falta de políticas regulatórias apropriadas, prejudicam a interação entre as empresas, um plano eficaz de IE necessita atender interesses de todo o sistema e não processos isolados.
LIU et al.	2012	The greenhouse gas mitigation of industrial parks in China: A case study of Suzhou Industrial Park	Nesse trabalho os autores destacam que fatores governamentais como na China por exemplo, estão com sua legislação ultrapassada, e questões como capacidade de abastecimento e tratamento de águas residuais, e controle da poluição ambiental necessitam de legislação.
PANYATHANAKUN et al.	2013	Development of eco-industrial estates in Thailand: initiatives in the northern region community-based eco-industrial estate	Neste trabalho os autores identificaram barreiras relacionadas a questões estruturais, como falta de infraestrutura para circulação de resíduos entre as empresas e falta de informações sobre a demanda dos resíduos gerados. Também foi citado a falta de apoio do governo para investimentos em práticas da IE.
WANG, FENG, CHU	2013	A novel approach for stability analysis of industrial symbiosis systems	Neste trabalho foram destacadas as barreiras econômicas, divididas em dois parâmetros (lucro obtido com a utilização da IE e o custo para aplicação e gestão da IE;
JIAO E BOONS	2014	Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review	Nesse trabalho os autores consideram que as políticas governamentais são insuficientes, que o governo deixa a desejar nos incentivos para adoção de práticas da IE.
SCHILLER, PENN, BASSON	2014	Analyzing networks in industrial ecology e a review of Social-Material Network Analyses	Neste trabalho foram destacadas as barreiras econômicas, com foco para os custos incorrentes nas transações entre empresas, considerando custos de movimentação controle e processamento de resíduos.

Fonte: Do autor

Com o intuito de facilitar o entendimento desenvolve-se o Quadro 3 que apresenta os trabalhos que definiram as barreiras da ecologia industrial. Conforme descrito anteriormente, o trabalho de referência contempla as oito barreiras da EI, os demais autores não acrescentaram novas barreiras e corroboraram as barreiras governamentais, barreiras econômicas, barreiras estruturais e barreiras da demanda industrial.

Quadro 3 - Trabalhos que definiram as barreiras da EI

			BEI1	BEI2	BEI3	BEI4	BEI5	BEI6	BEI7	BEI8
autor	título	ano	Ausência de políticas governamentais	Barreiras econômicas	Barreiras estruturais	Barreiras da demanda industrial	Barreiras de processos produtivos	Barreiras culturais e psicológicas	Barreiras sociais	Falta de tecnologia
ADAMIDES e MOUZAKITIS	Ecosistemas industriais como nichos tecnológicos - Industrial ecosystems as technological niches	2009	X	X	X	X	X	X	X	X
QIAN et al.	Systematic Methodology for Coping with the Information Asymmetry of Eco-industrial parks Planning and Construction	2011	X							
WANG, FENG, CHU	A novel approach for stability analysis of industrial symbiosis systems	2011		X						
LIU et al.	The greenhouse gas mitigation of industrial parks in China: A case study of Suzhou Industrial Park	2012	X							
PANYATHANAKUN et al.	Development of eco-industrial estates in Thailand: initiatives in the northern region community-based eco-industrial estate	2013	X		X	X				
SCHILLER, PENN, BASSON	Analyzing networks in industrial ecology e a review of Social-Material Network Analyses	2014		X						
JIAO E BOONS	Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review	2014	X							
TOTAL			5	3	2	2	1	1	1	1

Fonte: Do autor

As barreiras BEI1 – ausência de políticas governamentais, conforme a revisão da literatura são as que mais prejudicam a implantação da EI de acordo com o quadro 3 e ocorrem principalmente em relação às questões ambientais em empresas atuando isoladamente. Não há incentivos para a produção de tecnologia e implementação da EI. A regulamentação é direcionada para produtos e processos individuais, e não nas redes de empresas interligadas (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009). Também foi considerada a falta de políticas reguladoras unificadas, direcionadas para questões ambientais na pesquisa de Panyathanakun et al. (2013), e também que o governo se concentra em políticas ineficientes, se concentrando em regulamentos ao invés de incentivos para as empresas atuarem a EI em nível regional ou nacional (JIAO e BOONS, 2014).

As barreiras BEI2 – barreiras econômicas são presentes e determinantes na implantação da EI, de um lado existe o lucro que será gerado com a comercialização dos resíduos, no sentido oposto são computados os custos necessários para manutenção do sistema de gestão dos resíduos. Existe também o fato de ser mais fácil aplicar e atrair investimentos para melhorias no produto no fim-de-tubo, do que para atrair investimentos em melhorias ambientais que não resultem em aumento de produtividade e redução de custos. A estrutura do sistema financeiro favorece os investimentos para processos individuais e não para se cooperarem operacionalmente com outras empresas (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009). Foi constatado que os custos de transação de

resíduos podem ser muito altos devido a necessidade de testes, auditoria de processos, requisitos de rastreabilidade ou valor agregado demasiado baixo, além de fatores externos relativos a integração entre empresas não serem contemplados no planejamento das organizações (SCHILLER, PENN, BASSON, 2014).

As barreiras BEI3 barreiras estruturais ocorrem devido as tecnologias existentes serem desenvolvidas para terem duração de curto prazo, tornando-se obsoletas e os sistemas de gestão de desempenho são orientados para operar processos individuais, além de uma tendência das atividades de produção serem projetadas em operações localizadas e em micro-escala, prejudicando a implantação da EI desde a idealização do produto (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009).

As barreiras BEI4 – barreiras da demanda industrial estão relacionadas com a pouca disponibilidade no mercado em relação a comercialização e distribuição de artefatos tecnológicos para implementação da EI. Serviços de corretagem devem ser desenvolvidos para reunir os utilizadores de diferentes processos e fornecedores de soluções que compreendem equipamentos, sistemas integrados e centralização de informações (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009). Esta barreira é corroborada por Panyathanakun et al. (2013), destacando a dificuldade da abertura de informações e da comunicação entre as empresas para implantação de projetos relacionados com a EI.

As barreiras BEI5 – barreiras do processo produtivo são prejudiciais para implantação da EI devido a percepção de risco em face a necessidade de cooperação e de adaptação a novos processos. Os usuários industriais podem ser solicitados a mudar as práticas para integrar resíduos de processos com outras empresas. As dificuldades em decidir quem deve arcar com os custos de preparação e movimentação de resíduos e qual é o valor dos resíduos, acabam por prejudicar processos de integração (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009).

As barreiras BEI6 estão relacionadas com fatores culturais e psicológicos, ocorrem porque os processos produtivos entre empresas são desconhecidos pelas pessoas, em com isso os processos fabris tornam-se grandes poluidores. Os custos para cumprir os requisitos ambientais são elevados e as organizações acabam focando em competitividade, sendo indiferentes para integrações de cooperação com outras empresas. Este cenário isola os processos produtivos prejudicando a transparência e compartilhamento de práticas sustentáveis sendo prejudicial para a IE (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009).

As barreiras BEI7 - barreiras sociais são destacadas quando ocorre a perda de postos de trabalho em pequenas empresas ou cooperativas que atuam na recolha e beneficiamento de resíduos. O fato é que quando uma cadeia adota a EI as conexões são realizadas diretamente entre as empresas, dispensando a necessidade de intermediários para recolha e preparação dos resíduos, consequentemente pequenas empresas ou cooperativas perdem suas demandas e acabam por dispensar seus colaboradores (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009). As informações das técnicas utilizadas nos diversos processos industriais deveriam ser melhores difundidas para a sociedade (CHAI e YEO, 2012).

As barreiras BEI8 – barreiras tecnológicas estão relacionadas com a falta de tecnologia envolvem conhecimento, informação e equipamentos necessários para implantação e gerenciamento das práticas da EI. Processos de produção não são projetados com uma lógica de processo estendido, além de não serem capazes de absorver resíduos e energia produzido por outros processos. A educação em engenharia promove sistematicamente a otimização tecnológica em o nível de processo individual. As tecnologias são difíceis de gerir, devido à sua especificidade para cada tipo de produto dificultado por exemplo a oportunidade de um processo químico utilizar o desperdício de um processo mecânico entre outros (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009).

Portanto foram consideradas dezoito práticas da EI e oito barreiras que prejudicam a adoção das práticas da EI constatadas na literatura para serem utilizadas no processo de entrevista, especificadamente para confirmação e análise das práticas e barreiras da EI constatadas na literatura.

2.4 Proposição de hipóteses e modelo conceitual

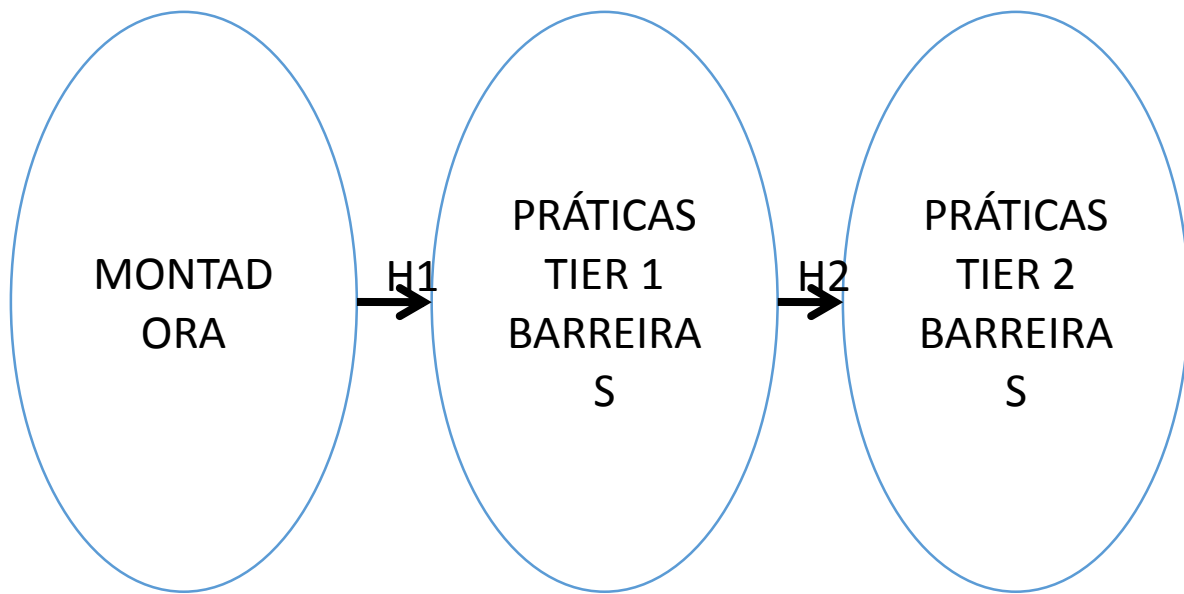
A literatura científica aponta que as empresas do *Tier 1* do setor automotivo são obrigados a adotar práticas ambientais para atender as exigências da montadora (WELLS e ORSATO, 2005). Por exemplo, no setor automotivo na china pressões de multinacionais montadoras de

componentes obrigam as empresas a adotarem práticas da EI para redução de impactos ambientais (CHIU e YONG, 2004). Constatou-se nas pesquisas que as barreiras da EI afetam com maior intensidade as empresas do *Tier 1* porque o *Tier 1* necessita adotar mais práticas da EI para o atendimento das exigências da montadora (ALLEMBY, 2000). Desta forma, o *Tier 1* precisa enfrentar e superar as barreiras para o atendimento de seu cliente (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009). Neste contexto, emergiu-se a **Hipótese 1: As barreiras da EI impactam negativamente na implantação das práticas da EI nas empresas *Tier 1* do setor automotivo brasileiro.** Ressalta-se a escassez de pesquisas sobre a ecologia industrial no setor automotivo brasileiro e também para outros países.

Em continuidade, foi identificado que as barreiras da EI prejudicam a implantação das práticas de EI nas empresas *Tier 2* (WELLS e ORSATO, 2005). Foi constatado que as barreiras governamentais prejudicam principalmente as relações para comercialização de resíduos em pequenas empresas ao longo das cadeias industriais (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009). Por exemplo, em pequenas empresas do ramo automotivo que necessitam de adaptações na adoção das técnicas que impedem a adoção da prática análise do ciclo de vida devido a falta de informações sobre o impacto na concepção dos produtos (BORCHARDT et. al. 2008). Também como foco no *Tier 2*, identificou-se que as pequenas e médias empresas do *Tier 2* sofrem barreiras da EI constantes (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009), porque tem dificuldades econômicas para investimentos em melhorias ambientais além de limitações de processos produtivos e acesso a tecnologia (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009). Com isso sugere-se a **Hipótese 2: As barreiras da EI impactam negativamente na implantação das práticas da EI nas empresas *Tier 2* do setor automotivo brasileiro.**

O modelo conceitual para o *Tier 1* e para o *Tier 2* pode ser observado nas figura 4:

Figura 4 – Modelo Conceitual *Tier 1* e *Tier 2*



Fonte: Do autor

MÉTODO E TÉCNICAS DE PESQUISA

Neste tópico, será apresentada a metodologia utilizada para elaboração desta pesquisa, com o objetivo de proporcionar clareza das etapas que foram realizadas e a forma com que foram conduzidas.

Como mencionado anteriormente, esse projeto tem por objetivo avaliar as barreiras que dificultam a adoção das práticas da EI nos fornecedores de primeiras e segundas camadas do setor automotivo no Brasil. Para alcançar esse objetivo cinco questões de pesquisas foram desenvolvidas que são:

Q1 – As barreiras da EI impactam negativamente na implantação das práticas da EI nas empresas *Tier 1* do setor automotivo brasileiro?

Q1.1 - Quais são as práticas da EI adotadas pelas empresas *Tier 1* do setor automotivo brasileiro?

Q1.2 - Quais são as barreiras que dificultam a implantação da EI nas empresas *Tier 1* do setor automotivo brasileiro?

Q2 – As barreiras da EI impactam negativamente na implantação das práticas da EI nas empresas *Tier 2* do setor automotivo brasileiro?

Q2.1 - Quais são as práticas da EI adotadas pelas empresas *Tier 2* do setor automotivo brasileiro?

Q2.2 - Quais são as barreiras que dificultam a adoção das práticas da EI pelas empresas *Tier 2* do setor automotivo brasileiro?

Após a definição dessas questões será utilizada a pesquisa teórico-conceitual. A próxima etapa é a aplicação do teste piloto para a validação do instrumento de pesquisa e aplicação de *survey* visando avaliar as hipóteses e variáveis de pesquisa no campo em estudo.

3.1 Revisão bibliométrica e sistemática

Uma pesquisa bibliográfica e bibliométrica foi conduzida para analisar estatisticamente produções científicas relativas ao tema, qualificando e quantificando os dados encontrados.

A bibliometria é um método estatístico que permite mapear e gerar diferentes indicadores de tratamento e gestão da informação e do conhecimento, tanto para sistemas de informação e de comunicação científicos, tecnológicos e de produtividade, necessários ao planejamento, avaliação e gestão da ciência e da tecnologia de uma determinada comunidade científica ou país, é um método científico quantitativo definido como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos a livros, artigos e outras mídias de comunicação (PRITCHARD, 1969).

Para identificar lacunas e hipóteses foi realizado pesquisa teórica-conceitual qualitativa de maneira sistemática na literatura. Ressalta-se que serão identificadas as variáveis de pesquisas para a construção do instrumento de pesquisa (questionário). A pesquisa teórica conceitual qualitativa é o resultado da análise a partir da observação ou relato na literatura de um fenômeno selecionando ideias e opiniões de diferentes autores, utilizando-se também de simulação e modelagem teórica (BERTO; NAKANO, 2000).

Será utilizada nessa pesquisa a abordagem qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa objetiva analisar e interpretar o objeto de estudo com maior detalhamento, a abordagem quantitativa lida com dados numéricos para compor as argumentações. A pesquisa quantitativa é realizada após a identificação de uma lacuna de pesquisa (CRESWELL, 1994). Assim é possível propor hipóteses para confrontar testes estatísticos como objetivo de verificar se as hipóteses teóricas são legítimas ou não (CRESWELL, 1994). No quadro 4 ilustra-se o comparativo entre as abordagens quantitativa e qualitativa, conforme Creswell (1994).

Quadro 4: Comparação entre as abordagens quantitativa e qualitativa com relação a algumas características.

Abordagem Quantitativa	Abordagem qualitativa
A realidade é vista de forma objetiva, independente do pesquisador	A realidade é construída pelos indivíduos envolvidos na pesquisa
O pesquisador deve permanecer distante daquilo que está sendo pesquisado	O pesquisador interage com o estudo
Os valores do pesquisador não devem influenciar a pesquisa	Os valores do pesquisador interferem na pesquisa
A linguagem utilizada no trabalho deve ser impessoal e formal	A linguagem utilizada é pessoal e informal
Tem a intenção de criar generalizações	Não visa a generalização dos resultados

Fonte: Creswell (1994)

3.2 APLICAÇÃO DE TESTE PILOTO

Depois da concepção do instrumento de pesquisa baseado na pesquisa teórica descritiva, o procedimento de teste piloto será aplicado nas pesquisas para a validação do instrumento de pesquisa. A orientação do teste piloto permitirá testar o instrumento de pesquisa, verificar a qualidade dos dados e realizar arranjos necessários antes da aplicação do instrumento em mais empresas (CAUCHICK; SOUZA, 2012).

No procedimento de teste piloto serão realizadas entrevistas semiestruturadas com especialistas em quatro empresas com apoio de observação direta no fenômeno estudado a fim de analisar se as assertivas do questionário estão adequadas a linguagem utilizada no campo, tornando o questionário inteligível para os respondentes e eliminar assertivas que não estão adequadas para a realidade do objeto de estudo. A técnica para coletas de dados - entrevista semiestruturada permitirá identificar se as assertivas do questionário estão alinhadas com o campo, enquanto que, o uso de observação direta permitirá conhecer a realidade prática do fenômeno estudado, sendo importante para o desenvolvimento de estudos de casos (SEIDMAN, 1991). É comum a utilização dessas duas técnicas na pesquisa qualitativa permitindo o aprofundamento de informações e demonstração de aspectos aparentemente ocultos (BOGDAN e BIKLEN, 1992).

Inicialmente o instrumento de pesquisa foi testado por especialistas para verificação das assertivas quanto a clareza e entendimento. O instrumento foi considerado claro sendo solicitado o ajuste de apenas duas assertivas para adequação ao setor automotivo, o instrumento completo pode ser visualizado no anexo 1.

Após a aplicação do teste piloto por meio entrevistas em especialistas foi possível definir e conceituar com mais segurança as variáveis adotadas no instrumento de pesquisa para a pesquisa *Survey* no cenário brasileiro.

3.2.1 Aplicação de *Survey*

A pesquisa *survey* objetiva a aplicação de questionários estruturados para analisar padrões e relacionamentos entre as variáveis, sendo passíveis de análises estatísticas (BRYMAN, 1989). A utilização de pesquisas *survey* permitirá confirmar ou não de maneira estatística as hipóteses/variáveis do questionário, adequando-se para a aplicação de pesquisa quantitativa (THIETART et al. 2001; FORZA, 2002). Segundo Forza (2002) a aplicação do método *survey* deve obedecer três fases: 1) delimitar o universo a ser pesquisado e determinar do tamanho da amostra; 2) realização de pré-teste ou teste piloto para verificar se o instrumento realmente está adequado para a aplicação e 3) aplicação do *survey* no universo e amostra delimitada.

Após a coleta dos dados, será utilizado a Modelagem de Equações Estruturais (*Structural Equation Modeling* - SEM), devido a uma relação causal entre dois constructos ou Variáveis Latentes (VL). Os SEM apresentam dois grupos: o primeiro baseado em Covariância e o segundo baseado em Correlações. O primeiro grupo tem por pressupostos a normalidade multivariada e o segundo é mais livre e permite o uso de dados com diversas distribuições (HAIR et al., 2014). Neste caso, a opção foi pelo segundo grupo, também conhecido como Mínimos Quadrados Parciais (*Partial Least Square* -PLS), pois um estudo exploratório inicial mostrou que os dados não atendiam as condições do primeiro grupo de modelos devido o objetivo deste trabalho.

Para a análise de dados seguiu-se as recomendações sistematizadas no artigo intitulado “Modelagem de Equações Estruturais com utilização do Smartpls” (RINGLE; SILVA E BIDO, 2014). O quadro a seguir mostra os procedimentos para ajuste de modelos utilizando o *Smart PLS*:

Quadro 5: Síntese do ajuste de modelos no *SmartPLS*

Indicador	Propósito	Valores referenciais / critério	Referências
1.1. AVE	Validades Convergentes	AVE > 0,50	(HENSELER; RINGLE e SINKOVICS (2009)
1.2Cargas cruzadas	Validade Discriminante	Valores das cargas maiores nas VLs originais do que em outras	CHIN, 1998
1.2. Critério de Fornell e Larcker	Validade Discriminante	Compara-se as raízesquadradas dos valores das AVE de cada constructo com as correlações(de Pearson) entre os constructos (ou variáveis latentes). As raízes quadradas das AVEs devem ser maiores que as correlações dos constructos	FORNELL e LARCKER (1981)
Correlação Desatenuada (vide texto)			
1.3.Alfa de Cronbach e Confiabilidade Composta	Confiabilidade do modelo	AC > 0,70 (0,60 → ???!!!).	HAIR et al. (2014)
		CC > 0,70	
1.4. Teste t de Student	Avaliação das significâncias das correlações e regressões	$t \geq 1,96$ ($H_0: \lambda = 0$ e $\Gamma = 0$)	HAIR et al. (2014)
2.1.Avaliação dos Coeficientes de Determinação de Pearson (R^2):	Avaliam a porção da variância das variáveis endógenas, que é explicada pelo modelo estrutural.	Para a área de ciências sociais e comportamentais, $R^2=2\%$ seja classificado como efeito pequeno, $R^2=13\%$ como efeito médio e $R^2=26\%$ como efeito grande.	COHEN (1988)

2.2. Tamanho do efeito (f^2) ou Indicador de Cohen	Avalia-se quanto cada constructo é “útil” para o ajuste do modelo	Valores de 0,02, 0,15 e 0,35 são considerados pequenos, médios e grandes.	HAIR et al. (2014)
2.4. Validade Preditiva (Q^2) ou indicador de Stone-Geisser	Avalia a acurácia do modelo ajustado	$Q^2 > 0$	HAIR et al. (2014)
2.5. Coeficiente de Caminho (Γ)	Avaliação das relaçõescausais	Interpretação dos valores à luz da teoria.	HAIR et al. (2014)
Goodnessof Fit	NÃO SE DEVE CALCULAR	Não tem poder de avaliar a qualidade geral do modelo.	HENSELER e SARSTEDT (2012)

Fonte: Ringle; Silva e Bido (2014).

O cálculo do tamanho amostral mínimo para se usar o SEM no PLS foi realizado com o *software GPower* 3.1.9.2 e revelou que seria necessário 55 casos para que o modelo pudesse detectar os efeitos esperado no modelo em estudo, sendo fixado as sugestões de Cohen (1988) [tamanho do efeito médio $f^2 = 0,15$ e poder do teste (*power*) = 0,80].

A figura 4 mostra o resultado do teste utilizando o *software GPower*:

Figura 4 - A amostra mínima para se garantir que o modelo possa revelar o que se pretende com ele é de 55 casos (respondentes)

The screenshot shows the G*Power 3.1.9.2 window. The 'Test family' is set to 'F tests' and the 'Statistical test' is 'Linear multiple regression: Fixed model, R² deviation from zero'. The 'Type of power analysis' is 'A priori: Compute required sample size - given α , power, and effect size'. In the 'Input Parameters' section, 'Determine =>' is selected, and the values are: Effect size $f^2 = 0.15$, α err prob = 0.05, Power ($1 - \beta$ err prob) = 0.80, and Number of predictors = 1. The 'Output Parameters' section shows: Noncentrality parameter $\lambda = 8.2500000$, Critical F = 4.0230170, Numerator df = 1, Denominator df = 53, Total sample size = 55, and Actual power = 0.8050826. At the bottom, there is a button for 'X-Y plot for a range of values' and a 'Calculate' button.

Input Parameters		Output Parameters	
Determine =>	Effect size f^2	0.15	Noncentrality parameter λ
	α err prob	0.05	Critical F
	Power ($1 - \beta$ err prob)	0.80	Numerator df
	Number of predictors	1	Denominator df
			Total sample size
			Actual power

Fonte: O autor.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS

Neste tópico são apresentadas as análises dos resultados apontados pelo *SmartPLS* a partir de uma pesquisa tipo *survey*, realizada a partir da coleta de dados através do questionário estruturado obtendo 110 respondentes compreendendo 55 *Tier's* 1 e 55 *Tier's* 2. Inicialmente são apresentados os resultados que permitiram a caracterização dos profissionais entrevistados para estabelecer a análise e discussão dos dados com o apoio da estatística descritiva e do *software SmartPLS* possibilitando as discussões dos casos em relação às proposições deste estudo.

4.1 DADOS DAS EMPRESAS E DOS PROFISSIONAIS RESPONDENTES

Na tabela 1 é demonstrada que o cargo predominante dos profissionais pesquisados nas empresas do *Tier* 1 é de coordenadores com 49,09% dos entrevistados denotando conhecimento dos processos da empresa. Os dados coletados apontaram que 29,09% dos entrevistados têm cargos de gerentes e 21,82%, de analistas nas empresas em que trabalham. O cargo na empresa é muito importante para esta pesquisa para qualidade dos dados obtidos. O profissional que trabalha com questões ambientais está se tornando um diferencial. As qualidades essenciais muito próximas da criatividade aplicada no desenvolvimento de produtos ou processos em que este profissional está envolvido, demonstrando a sua capacidade de trabalho em equipe (SCHEER,2014).

Tabela 1 - Distribuição dos profissionais entrevistados por cargo em que ocupa *Tier* 1

CARGO EM QUE OCUPA NA EMPRESA	Frequência	
	Absoluta	%
Coordenador	27	49,09
Gerente	16	29,09
Analista	12	21,82
Total	55	100

Fonte: Pesquisa de campo realizada entre dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

A tabela 2 mostra que o cargo predominante dos profissionais pesquisados nas empresas do *Tier 2* é de cargos de gerentes com 43,64% dos entrevistados o que é esperado devido a estas empresas possuírem porte menor, necessitando do gerente para responder sobre questões ambientais atendendo os requisitos de seus clientes. Os dados coletados apontaram que 40% dos entrevistados têm o cargo de coordenadores e 16,36%, de analistas nas empresas em que trabalham.

Tabela 2 - Distribuição dos profissionais entrevistados por cargo em que ocupa *Tier 2*

CARGO EM QUE OCUPA NA EMPRESA	Frequência	
	Absoluta	%
Gerente	24	43,64
Coordenador	22	40,00
Analista	9	16,36
Total	55	100

Fonte: Pesquisa de campo realizada entre dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

Na tabela 3 é mostrado que o tempo predominante no cargo dos profissionais pesquisados nas empresas do *Tier 1* é entre de 2 até 5 anos. Os dados coletados apontaram que 30,91% dos entrevistados têm acima de 2 anos até 5 anos no cargo, 24,64%, dos entrevistados têm acima de 5 anos até 10 anos no cargo, e 27,27% dos entrevistados têm acima 10 anos no cargo. Foi constatado que 90% dos entrevistados têm mais de dois anos de atuação no cargo em que ocupa dentro da empresa, este dado demonstra uma relação importante de estabilidade do funcionário nas empresas em que trabalha uma característica importante para realizar os trabalhos de longo prazo com práticas da EI. A empresa sai ganhando, pela manutenção de um colaborador motivado e criativo, e também o colaborador pelo reconhecimento visível da empresa em que trabalha (REIS,CARVALHO, 2013).

Tabela 3 - Distribuição dos profissionais entrevistados nas empresas *Tier 1* por anos em que ocupa no cargo

TEMPO EM QUE OCUPA NO CARGO	Frequência	
	Absoluta	%
Acima de 2 até 5 anos	17	30,91
Acima de 10 anos	15	27,27
Acima de 5 até 10 anos	13	23,64
Acima de 1 até 2 anos	10	18,18
Total	55	100

Fonte: Pesquisa de campo realizada entre dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

A tabela 4 demonstra que o tempo predominante no cargo dos profissionais pesquisados nas empresas do *Tier 2* é de acima de 2 até 5 anos. Os dados coletados apontaram que 34,55% dos entrevistados têm acima de 2 anos até 5 anos no cargo, 30,91%, dos entrevistados têm acima de 5 anos até 10 anos no cargo, e 20% dos entrevistados têm acima 10 anos no cargo.

Tabela 4 - Distribuição dos profissionais entrevistados nas empresas *Tier 2* por anos em que ocupa no cargo

TEMPO EM QUE OCUPA NO CARGO	Frequência	
	Absoluta	%
Acima de 2 até 5 anos	19	34,55
Acima de 5 até 10 anos	17	30,91
Acima de 10 anos	11	20,00
Acima de 1 até 2 anos	8	14,55
Total	55	100

Fonte: Pesquisa de campo realizada entre dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

A tabela 5 demonstra que o Grau de instrução predominante dos profissionais pesquisados nas empresas do *Tier 1* é de Pós Graduação - Especialização. Os dados coletados apontaram que 90% dos entrevistados têm nível de instrução superior, e 10% de nível técnico. Dentre os respondentes de nível superior, 54,55 % deles possuem o grau de pós-graduação, bacharel ou tecnológico correspondem a 21,82% e 12,73% tem nível de Mestrado/Doutorado.

É fundamental a inserção das práticas da EI no meio corporativo e acadêmico, a adoção e manutenção das práticas da EI necessitam de pesquisa com profissionais qualificados e em continuo aprendizado (BISWAS, 2011).

Tabela 5 - Distribuição dos profissionais entrevistados por formação das empresas *Tier 1*

GRAU DE INSTRUÇÃO	Frequência	
	Absoluta	%
Pós Graduação – Especialização	30	54,55
Graduação/ Tecnológico	12	21,82
Pós Graduação – Mestrado/ Doutorado	7	12,73
Ensino Técnico	6	10,91
Total	55	100

Fonte: Pesquisa de campo realizada entre dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

Na tabela 6 mostra que o Grau de instrução predominante dos profissionais pesquisados nas empresas do *Tier 2* é de Pós Graduação - Especialização. Os dados coletados apontaram que 84% dos entrevistados têm nível de instrução superior, e 31% de nível graduação / tecnológico . Dentre os respondentes de nível superior, 52,73 % deles possuem o grau de pós-graduação, bacharel ou tecnológico correspondem a 30,91%, nível técnico com 16,36% e nenhum dos respondentes possui nível de Mestrado/Doutorado.

Tabela 6 - Distribuição dos profissionais entrevistados por formação das empresas *Tier 2*

GRAU DE INSTRUÇÃO	Frequência	
	Absoluta	%
Pós Graduação – Especialização	29	52,73
Graduação/ Tecnológico	17	30,91
Ensino Técnico	9	16,36
Pós Graduação – Mestrado/ Doutorado	0	-
Total	55	100

Fonte: Pesquisa de campo realizada entre dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

A tabela 7 mostra que o porte predominante das empresas *Tier 1* dos profissionais pesquisados é de Grande porte. Os dados coletados apontaram que 52,73% dos entrevistados trabalham em empresas de grande porte, 45,45%, em empresas de médio porte e apenas 1,82% em

empresas de pequeno porte. As montadoras são empresas de grande porte em virtude da referência tecnológica do setor e da dimensão do mercado, que tem altos custos concentrados em pesquisa e desenvolvimento e preparação da infraestrutura de produção. No setor de autopeças, as empresas *Tier 1* que fornecem direto para as montadoras são empresas multinacionais de capital internacional. Já as empresas *Tier 2*, geralmente são empresas de capital nacional, porém demonstram um crescimento relevante nas exportações (MDICE, 2015). Portanto, por se tratar de uma pesquisa realizada no setor automotivo em empresas que trabalhem com práticas da EI é normal que a maioria delas seja de Grande porte.

Tabela 7 - Distribuição dos profissionais pesquisados por porte da empresa (*Tier 1*) em que trabalha

PORTE DA EMPRESA	Frequência	
	Absoluta	%
Grande porte	29	52,73
Médio Porte	25	45,45
Pequeno porte	1	1,82
Total	55	100,00

Fonte: Pesquisa de campo realizada entre dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

4.2 ANÁLISE MULTIVARIADA DOS DADOS POR MEIO DE EQUAÇÃO DE MODELAGEM ESTRUTURAL

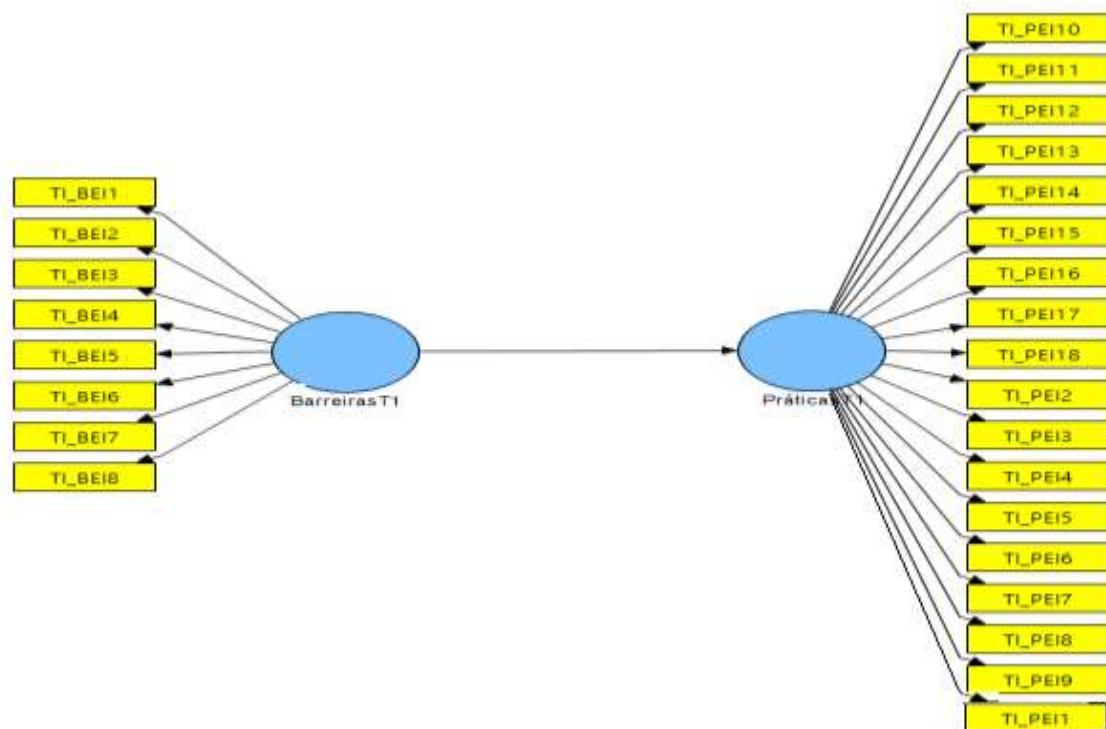
Nesta seção serão realizadas as análises dos modelos para as empresas *Tier 1* e *Tier 2*.

4.2.1 - Ajuste dos modelos.

Todos os constructos (discos em azul) recebem apenas uma seta (idem para as variáveis observadas – itens da escala – retângulos em amarelo), Isso implica que há apenas um preditor (RINGLE, SILVA E BIDO, 2014).

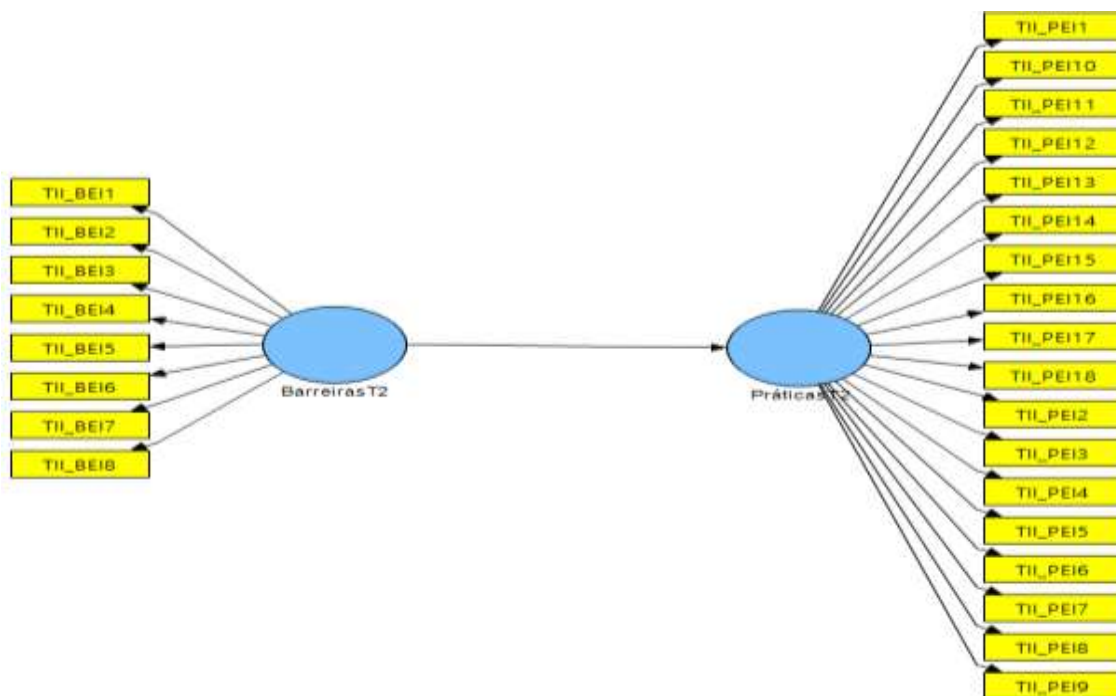
As figuras 5 e 6 mostram o primeiro modelo para análise das barreiras e práticas da EI para as empresas *Tier 1* e *Tier 2* respectivamente.

Figura 5 – Modelo estrutural representando as barreiras e práticas da EI para as empresas *Tier 1*



Fonte: do autor.

Figura 6 – Modelo estrutural representando as barreiras e práticas da EI para as Empresas *Tier 2*



Fonte: do autor.

É importante observar as cargas fatoriais (λ) e os valores das Variâncias Médias Extraídas (AVE). Inicialmente são observados os valores das AVE e das cargas fatoriais (λ), após esta análise deve-se retirar “uma a uma” das variáveis (barreiras e práticas da EI), rodando o PLS novamente e observando o relatório até que as AVE’s sejam superiores a 0,50.

4.2.2.1 Análise dos resultados para as empresas *Tier 1*

Os resultados demonstram que o *Tier 1* possui capital para investir em tecnologias, projetos sociais, treinamento sobre práticas ambientais inclusive atendendo as exigências das montadoras, portanto as barreiras econômicas, culturais e sociais são irrelevantes para as empresas pertencentes ao *Tier 1*.

Outra barreira irrelevante consiste que a pouca dificuldade em obter novas tecnologias devido ao fato de que a quase a totalidade das empresas do *Tier 1* são multinacionais que possuem integração com processos utilizados em países de primeiro mundo.

Em relação as práticas da EI, os resultados mostraram que a prática de simbiose industrial é pouco utilizada nas empresas do *Tier 1* denotando a ausência de *DFE* em redes logísticas, cadeia de suprimentos verde e logística reversa principalmente com foco no gerenciamento de resíduos. Portanto a pouca integração das empresas do *Tier 1* em realizar parcerias com outras empresas na comercialização ou troca de resíduos.

Avaliação da validade convergente ($AVE > 0,50$) do modelo *Tier 1* obteve os valores da qualidade de ajuste do modelo. Conforme pode ser observado na tabela abaixo, o valor da AVE dos constructos se mostrou abaixo de 0,50.

Tabela 8 - Avaliação da validade convergente (AVE)

	AVE	Composite Reliability	R Square	Cronbachs Alpha
BarreirasT1	0,413	0,861		0,825
PráticasT1	0,302	0,862	0,623	0,843

Fonte: do autor.

Para ajuste do modelo de mensuração retirou-se as variáveis relacionadas as práticas e barreiras conforme descrito no início do tópico obtendo os seguintes resultados:

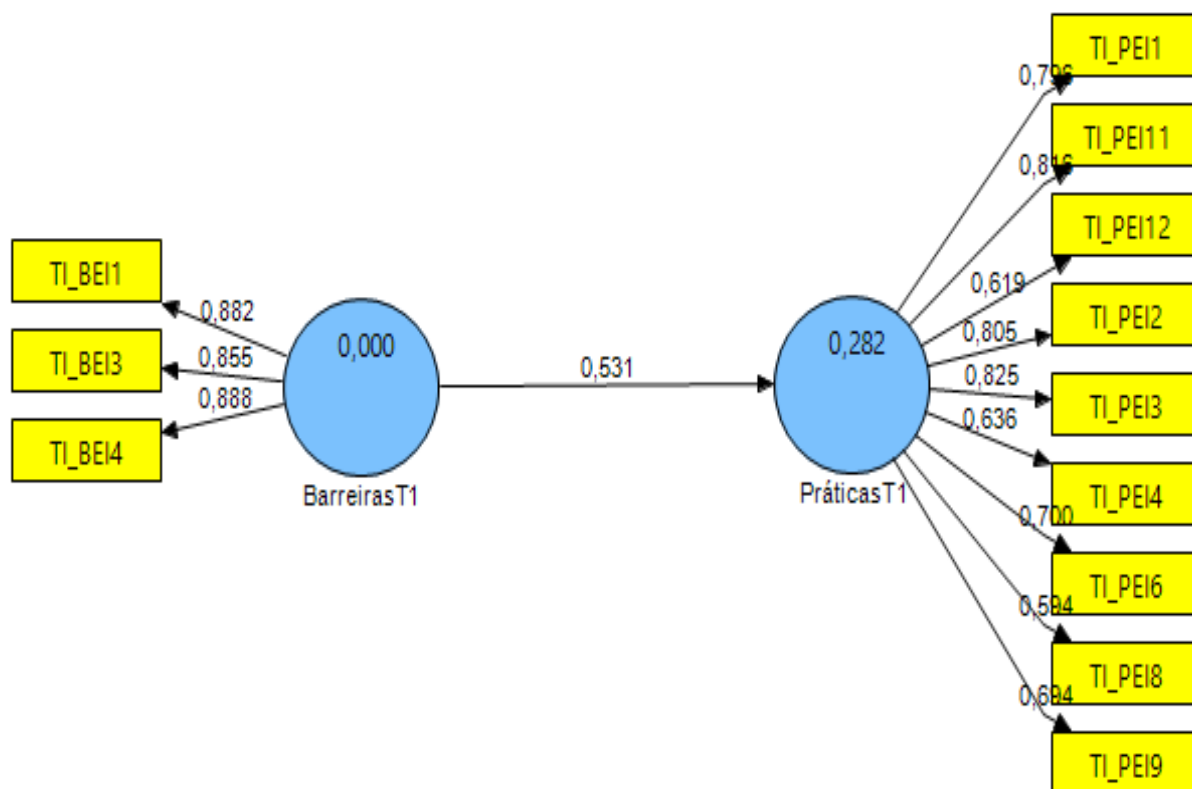
Tabela 9 - Avaliação da validade convergente (AVE), após retirada das variáveis práticas e barreiras não relevantes para as empresas *Tier 1*.

	AVE	Composite Reliability	R Square	Cronbachs Alpha
BarreirasT1	0,766	0,908		0,85
PráticasT1	0,527	0,908	0,282	0,892

Fonte: Do autor.

Como todas as AVEs são maiores que 0,50 \rightarrow o modelo apresenta validade convergente. A avaliação da confiabilidade do modelo T1 (Confiabilidade Composta (Composite Reliability) $>$ 0,70 e Alfa de Cronbrac $>$ 0,70), a tabela de qualidade de ajuste final (acima) mostra que as duas condições foram atendidas. Após estes ajustes é apresentada na figura abaixo a representação do modelo:

Figura 7 Modelo ajustado para empresas *Tier 1*.



Fonte: Do autor.

Observa-se que a barreira da demanda industrial inviabiliza a adoção das práticas da EI *DFE* em redes logísticas, cadeia de suprimentos verde e simbiose industrial. A dificuldade de obter informações sobre processos e resíduos na cadeia de suprimentos automotiva prejudica as práticas que estão relacionadas com a integração entre as empresas desta cadeia, centralizando as informações e buscando quando possível empresas que não pertencem a cadeia de suprimentos automotiva para dar destino a seus resíduos.

A barreira governamental foi apontada como relevante pelas empresas e prejudica a implantação de práticas da EI relacionadas com logística reversa, responsabilidade do compradores por produtos verdes com rótulos ambientais e financiamentos em tecnologias limpas. Embora exista a política nacional de resíduos sólidos (BRASIL, 2010), adequações são necessárias na legislação para favorecer a logística reversa entre as empresas, no caso de produtos verdes e rótulos ambientais é possível notar a escassez de leis e fiscalização que favorecem a aplicação destas práticas.

No caso dos investimentos, quando disponibilizados pelo governo são direcionados para melhoria no processo produtivo deixando investimentos para implantação de práticas da EI em segundo plano. Também foi destacada a barreira estrutural confirmando a necessidade dos processos serem projetados para integrações com outras empresas, entretanto a constante atualização dos veículos obriga os processos serem projetados para um curto período de duração.

Mesmo com a existência de barreiras para adoção de práticas da EI, as empresas do *Tier* necessitam atender as exigências das montadoras e para tanto foi constatado a utilização de nove práticas da EI. Com maior relevância foram destacadas as práticas de *DFE* de produto, química verde e análise dos fluxos de materiais. Estas práticas confirmam a necessidade em atender requisitos da montadora para fornecimento de componentes.

Com média relevância as práticas de análise do ciclo de vida, produção mais limpa e prevenção a poluição são adotadas denotando a necessidade do controle dos processos internos e cumprimentos de normas em auditorias externas (clientes e recertificação ISO14000).

Foram observadas com menor relevância as práticas de reciclagem e reúso, *DFE* de processo e sistema de gestão ambiental demonstrando a preocupação das empresas do *Tier 1* em dar destinação correta de seus resíduos produtivos e seguindo as normas do sistema de gestão ambiental para garantir o produto e processo dentro dos padrões estabelecidos.

4.2.2.2 Validade Discriminante

Calculando-se as raízes quadradas das AVEs e colocando-as na diagonal principal da tabela de correlações entre constructos (em amarelo), vê-se que há validade discriminante (raízes quadradas das AVEs > Correlações entre respectivos constructos) (RINGLE et al. 2014). Calculando-se as raízes quadradas das AVEs e colocando-as na diagonal principal da tabela de correlações entre constructos (em amarelo), constata-se que há validade discriminante.

Tabela 10 – Confirmação da validade discriminante

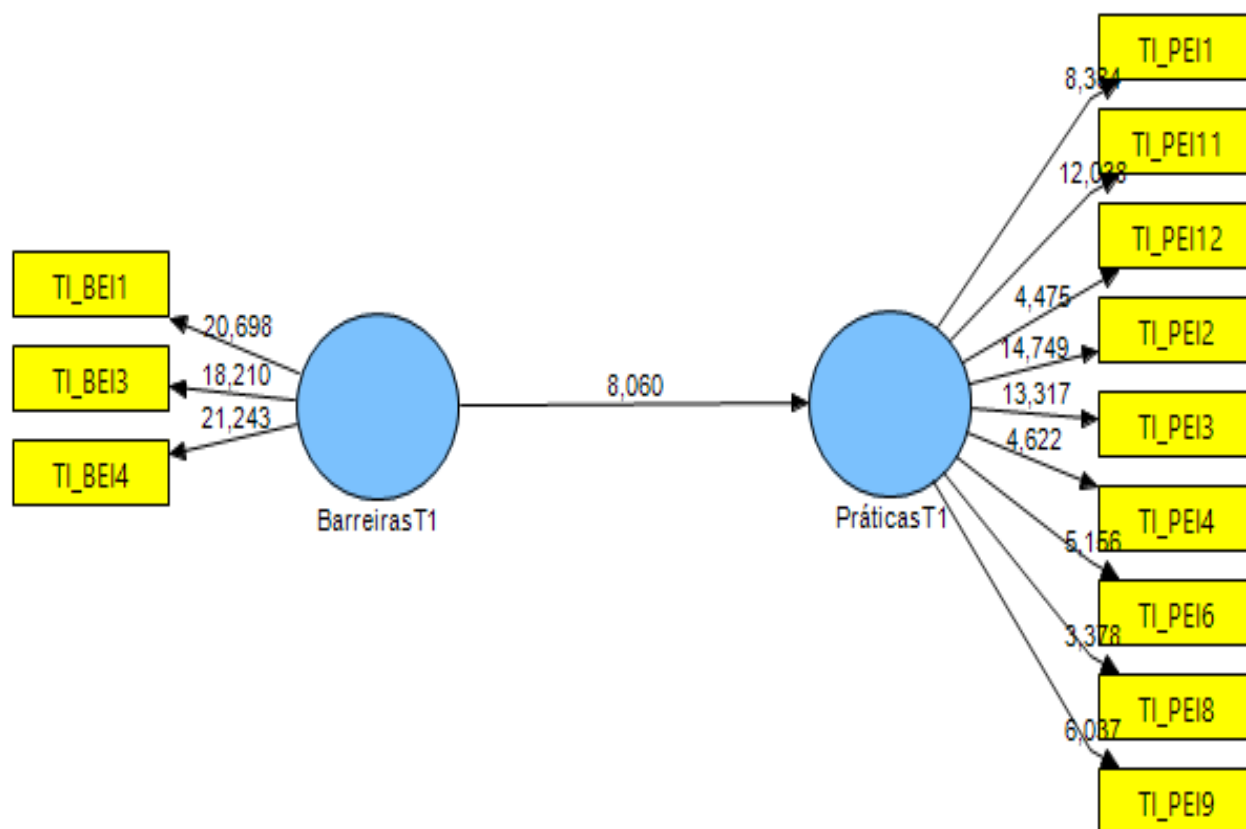
	BarreirasT1	PráticasT1
BarreirasT1	0,875	
PráticasT1	0,709	0,726

Fonte: do autor.

4.2.2.3 Avaliação das significâncias das correlações e regressões

A realização das correlações regressões foi feita pelo bootstrapping (teste t de Student) – critério $t > 1,96$. A figura 7 a seguir demonstra que todas as relações têm $t > 1,92$ validando a significância das correlações e regressões:

Figura 8 Validação da significância das correlações e regressões



Fonte: Do autor.

4.2.2.4 Avaliação dos coeficientes de determinação de Pearson (R^2)

Para as áreas de ciências sociais e comportamentais existem parâmetros pré-definidos com o objetivo de medir o efeito entre dois constructos a partir da Avaliação dos coeficientes de determinação de Pearson (R^2), quando (R^2)=2% seja classificado como efeito pequeno, (R^2)=13% como efeito médio e (R^2)=26% como efeito grande (COHEN, 1988). Na figura 8 foi demonstrado que (R^2) para efeito das práticas da EI nas empresas *Tier 1* é de 28,20% denotando efeito grande.

4.2.2.5 Avaliação da Validade Preditiva (Q^2) ou indicador de Stone-Geisser

A Avaliação da Validade Preditiva (Q2) ou indicador de Stone-Geisser é utilizada para avaliar a acurácia do modelo ajustado e o tamanho do efeito (f2) também conhecido como indicador de Cohen, seu objetivo é avaliar o quanto cada constructo é “útil” para o ajuste do modelo. Os critérios estabelecidos são $Q2 > 0$ e f2 com valores de 0,02, 0,15 e 0,35 são considerados pequenos, médios e grandes (COHEN, 1988). Na tabela 11 é possível constatar que os constructos apresentaram valores (Q2) maiores que 0 e tamanho do efeito (F2) considerados grandes.

Tabela 11 - Avaliação da validade preditiva para as empresas *Tier 1*

	Q2	f2
BarreirasT1	0,51	0,51
PráticasT1	0,106	0,405

Fonte: Do autor.

4.2.2.6 Avaliação dos coeficientes de caminho

Conforme indicam os coeficientes de caminho (direção das setas entre constructos), as relações entre barreiras da EI e práticas da EI para as empresas pesquisadas *Tier 1* demonstraram ser medianamente fortes (0,531). Este resultado indica a que Hipótese 1 foi validada, em que as barreiras da EI impactam negativamente na implantação das práticas da EI nas empresas *Tier 1* do setor automotivo brasileiro. Os achados mostraram que apenas três barreiras impactam negativamente. Elas estão relacionadas com as barreiras governamentais, a falta de estrutura das organizações para a implantação de práticas ambientais na relação entre empresas e pouca disponibilidade de tecnologias para comunicação e trocas de informações entre empresas, afetando na adoção de práticas da EI. Em linhas gerais essas barreiras prejudicaram a elaboração de projetos em redes com foco na simbiose industrial, que visa implantar efetivamente processos de gestão da cadeia de suprimentos verde com foco na gestão de resíduos, compras verdes de produtos com rótulos ambientais e logística reversa.

Porém, mesmo com essas barreiras as empresas *Tier 1* implantaram nove práticas, devido às exigências das montadoras, que estão relacionadas internamente as organizações, que são: projeto ambiental de produto e processo, análise do ciclo de vida dos produtos, análise dos fluxos dos materiais, química verde, produção mais limpa, sistema de gestão ambiental e reciclagem e reuso. Portanto, conforme mencionando anteriormente, o relacionamento aqui exposto foi mediantemente forte, que significa afirmar que as barreiras impactam a legítima simbiose industrial nos *Tier 1*, ou seja, os *Tier 1* são pressionados a adotar práticas internas, com o objetivo talvez de ser apenas auditado pelas montadoras, mas estão distantes da efetiva adoção da simbiose industrial.

4.2.3 Análise dos resultados para as empresas *Tier 2*

Os resultados demonstram que o *Tier 2* tem recursos financeiros para atendimento dos requisitos ambientais e estruturais solicitados por seus clientes *Tier 1*, Fatores referentes sobre a opinião da comunidade sobre as operações da empresa são indiferentes e as tecnologias são integradas com os processos dos clientes, portanto as barreiras econômicas, estruturais, sociais e tecnológicas são irrelevantes para as empresas pertencentes ao *Tier 2*.

Em relação as práticas da EI, os resultados mostraram que prática que apenas 3 das 18 práticas da EI são adotadas pelas empresas *Tier 2*. As barreiras da EI afetam principalmente as práticas relacionadas com simbiose industrial como cadeia de suprimentos verde, desenvolvimento de projeto de produto, processo e redes logísticas incluindo questões ambientais, compras verdes e responsabilidade dos produtores sobre a poluição gerada por seus fornecedores. Devido as empresas do *Tier 2* não terem o mesmo porte e poder de investimentos das empresas do *Tier 1*, práticas de EI de aplicação interna também são prejudicadas como a análise do ciclo de vida, análise dos fluxos de materiais, prevenção a poluição, reciclagem e reuso, gerenciamento de resíduos e rotulagem ambiental são pouco utilizada nas empresas do *Tier 2* denotando a ausência de requisitos e auditorias ambientais solicitados pelos clientes.

4.2.3.1 Avaliação da validade convergente (AVE > 0,50) do modelo para empresas *Tier 2*

O valor da AVE dos constructos se mostrou abaixo de 0,50. Conforme pode ser observado na tabela abaixo, o valor da AVE dos constructos se mostrou abaixo de 0,50.

Tabela 12 - Avaliação da validade convergente (AVE) para empresas do Tier 2

	AVE	Composite Reliability	R Square	Cronbachs Alpha
BarreirasT1	0,413	0,861		0,825
PráticasT1	0,302	0,862	0,623	0,843

Fonte: Do autor.

Para ajuste do modelo de mensuração retirou-se as variáveis relacionadas as práticas e barreiras conforme descrito no início do tópico obtendo os seguintes resultados:

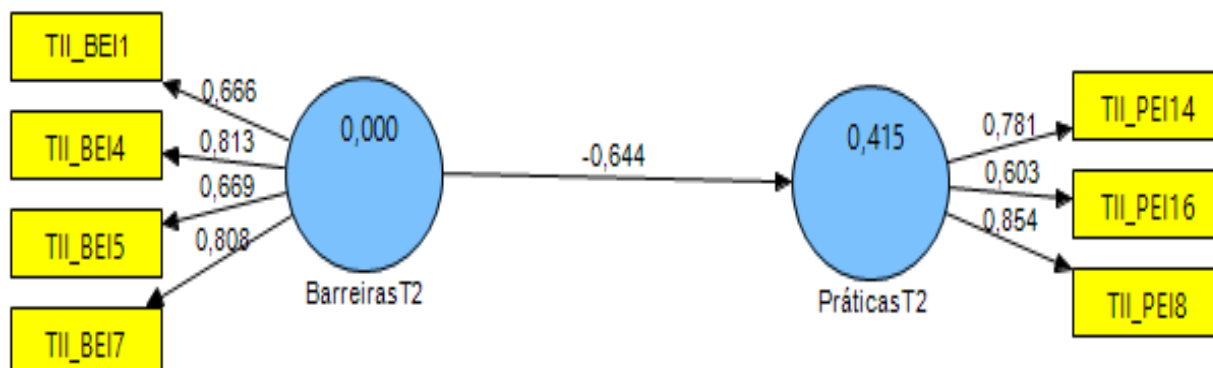
Tabela 13 - Avaliação da validade convergente (AVE), após retirada das variáveis práticas e barreiras não relevantes para as empresas *Tier 2*.

	AVE	Composite Reliability	R Square	Cronbachs Alpha
BarreirasT1	0,766	0,908		0,85
PráticasT1	0,527	0,908	0,282	0,892

Fonte: Do autor.

Como todas as AVEs são maiores que 0,50 o modelo apresenta validade convergente. A avaliação da confiabilidade do modelo T1 (Confiabilidade Composta (Composite Reliability) > 0,70 e Alfa de Cronbrac > 0,70), a tabela de qualidade de ajuste final (acima) mostra que as duas condições foram atendidas. Após estes ajustes é apresentada na figura 9 a representação do modelo:

Figura 9 Modelo ajustado após retirada de variáveis



Fonte: Do autor.

Observa-se que a barreira da demanda industrial foi a mais relevante para as empresas do *Tier 2*, inviabilizando a adoção das práticas da EI que estão relacionadas com a integração do *Tier 2* com outras empresas, existe pouca disponibilidade de informações referentes a resíduos e excedentes produtivos para comercialização entre empresas.

A barreira social foi destacada pelas empresas do *Tier 1* como relevante denotando a preocupação destas empresas com a perda de postos de trabalho em pequenas cooperativas que recolhem resíduos industriais prejudicando práticas da EI como a reciclagem e reúso e gerenciamento de resíduos.

A barreira do processo produtivo descada com média relevância confirma que as empresas do *Tier 2* se concentram apenas no projeto atual, não contemplando práticas da EI de médio ou longo prazo como desenvolvimento da análise do fluxos de materiais.

As barreira governamental foi apontada empresas e impedem a implantação de práticas da EI relacionadas como responsabilidade dos compradores por produtos verdes com rótulos ambientais e falta de incentivos para financiamentos em processos menos poluentes, como destacado anteriormente, adequações são necessárias na legislação para favorecer a aplicação de práticas da EI.

As barreiras da EI prejudicam a implantação da maioria das práticas da EI nas empresas do *Tier 2*, apenas 3 das dezoito práticas foram adotadas pelas empresas. Com maior relevância foi destacada a prática de sistema de gestão ambiental, embora as empresas do *Tier 1* não exigem

certificação ambiental de seus fornecedores *Tier 2* possuir a certificação é um diferencial para participar de projetos de novos componentes além do fato que as normas atentem ao requisitos estabelecidos para fornecimento ao cliente *Tier 1*.

Também foi destacada a prática de logística reversa demonstrando que as empresas do *Tier 2* procuram reduzir custos aproveitando materiais que podem retornar ao processo economizando tempo e custos com aquisição de matérias primas.

Por fim a prática de tecnologia limpa é adotada pelas empresas do *Tier 2* em apoio no cumprimento das exigências do *Tier 1* por componentes que não tenham em sua composição materiais tóxicos atendendo inclusive uma exigência da montadora.

4.2.3.2 Validade Discriminante

Calculando-se as raízes quadradas das AVEs e colocando—as na diagonal principal da tabela de correlações entre constructos (em amarelo), vê-se que há validade discriminante (raízes quadradas das AVEs > Correlações entre respectivos constructos) (RINGLE et al. 2014). Calculando-se as raízes quadradas das AVEs e colocando-as na diagonal principal da tabela de correlações entre constructos (em amarelo), constata-se que há validade discriminante.

Tabela 14 – Confirmação da validade discriminante *Tier 2*

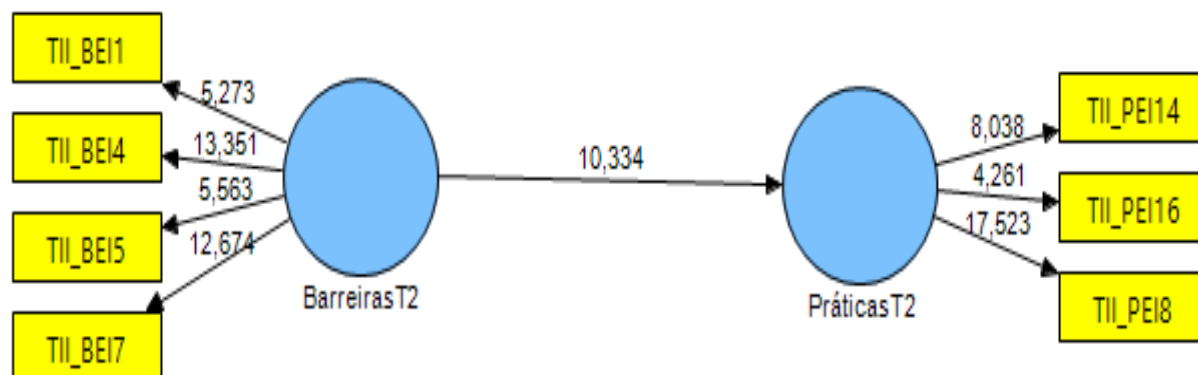
	BarreirasT1	PráticasT1
BarreirasT1	0,742	
PráticasT1	-0,644	0,753

Fonte: do autor.

4.2.3.3 Avaliação das significâncias das correlações e regressões

A realização das correlações regressões foi feita pelo bootstrapping (teste t de Student) – critério $t > 1,96$. A figura abaixo demonstra que todas as relações têm $t > 1,92$ validando a significância das correlações e regressões:

Figura 10 Validação da significância das correlações e regressões *Tier 2*



Fonte: do autor

4.2.3.4 Avaliação dos coeficientes de determinação de Pearson (R^2)

Para as áreas de ciências sociais e comportamentais existem parâmetros pré-definidos com o objetivo de medir o efeito entre dois constructos a partir da Avaliação dos coeficientes de determinação de Pearson (R^2), quando (R^2)=2% seja classificado como efeito pequeno, (R^2)=13% como efeito médio e (R^2)=26% como efeito grande (COHEN, 1988). Na figura 10 foi demonstrado que (R^2) para efeito das práticas da EI nas empresas *Tier 2* é de 41,5% denotando efeito grande.

4.2.3.5 Avaliação da Validade Preditiva (Q^2) ou indicador de Stone-Geisser

A Avaliação da Validade Preditiva (Q^2) ou indicador de Stone-Geisser é utilizada para avaliar a acurácia do modelo ajustado e o tamanho do efeito (f^2) também conhecido como indicador de Cohen, seu objetivo é avaliar o quanto cada constructo é “útil” para o ajuste do modelo. Os critérios estabelecidos são $Q^2 > 0$ e f^2 com valores de 0,02, 0,15 e 0,35 são considerados pequenos, médios e grandes (COHEN, 1988). Na tabela 15 é possível constatar que os constructos apresentaram valores (Q^2) maiores que 0 e tamanho do efeito (F^2) considerados grandes.

Tabela 15 - Avaliação da validade preditiva para as empresas *Tier 2*

	Q2	f2
BarreirasT1	0,274	0,274
PráticasT1	0,152	0,17

Fonte: Do autor.

4.2.3.6 Avaliação dos coeficientes de caminho

Os resultados obtidos com os coeficientes de caminho demonstram que as relações entre barreiras da EI e práticas da EI para as empresas pesquisadas *Tier 2* demonstraram ser medianamente fortes (-0,644), este resultado indica a que Hipótese 2 foi negada pois as barreiras da EI não impactam negativamente na implantação das práticas da EI nas empresas *Tier 2* do setor automotivo brasileiro. Os resultados mostram que quatro barreiras foram apontadas pelas as empresas do *Tier 2* e estão relacionadas com as barreiras governamentais, a falta de estrutura das organizações para a implantação de práticas ambientais na relação entre empresas e pouca disponibilidade de tecnologias para comunicação e trocas de informações entre empresas. Isso levou a implantação de menos práticas da EI que são: logística reversa, tecnologia limpa e sistema de gestão ambiental. Esse achado indica que o *Tier 2* sofre pouca pressão dos clientes *Tier 1* e por isso tem poucas práticas adotadas. Também não foi constatada a prática de simbiose industrial.

As práticas adotadas são direcionadas para processos internos como demonstraram os resultados (tecnologia limpa e sistema de gestão ambiental). A logística reversa visa a preocupação com redução de custos.

Portanto, o *Tier 1* e *Tier 2* não possuem simbiose industrial, porém o *Tier 1* devido às pressões da montadora necessita adotar mais práticas internas. Como as condições de fornecimento para as empresas do *Tier 2* tem menos pressão dos clientes *Tier 1*, são adotadas menos práticas da EI.

CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção será apresentada a discussão dos dados em relação a literatura, demonstrando as colaborações da pesquisa para o conhecimento científico.

Os resultados demonstraram que as empresas do *Tier 1* adotam mais práticas da EI: DFE de produto, química verde, análise dos fluxos de materiais, análise do ciclo de vida, produção mais limpa, prevenção a poluição, reciclagem e reuso, DFE de processo e sistema de gestão ambiental. Enquanto que as empresas do *Tier 2* adotam apenas as práticas tecnologia limpa, logística reversa e sistema de gestão ambiental. Esse resultado pode ser corroborado na literatura científica, em que as barreiras da EI afetam com menos intensidade o *Tier 1* devido a saúde financeira para investimentos em tecnologias e melhorias ambientais (GIANNETTI, BONILLA e ALMEIDA, 2004). Por outro lado, as empresas *Tier 2* do ramo automotivo são exigidas com menor intensidade pelo cliente (*Tier 1*) (BORCHARDT et. al. 2008). Além disso, os *Tiers 2* geralmente são fábricas de pequeno e médio porte e possuem limitação de recursos financeiros para investimentos voltados em melhorias ambientais limitando-se para práticas essenciais para atendimento de seus clientes (GIANNETTI, BONILLA e ALMEIDA, 2004). Este achado corrobora com a literatura confirmando a necessidade das empresas do *Tier 1* para adotar práticas da EI atendendo as exigências da montadora além da vantagem competitiva perante os concorrentes.

Ainda foi possível constatar que o *Tier 1* precisa enfrentar e superar as barreiras para o atendimento de seu cliente, enquanto o *Tier 2* possui barreiras para adoção de práticas da EI devido a estrutura destas empresas em sua maioria de pequeno e médio porte com limitações para integração dos processos produtivos internos com outras empresas. Esse achado está de acordo com Adamides e Mouzakitis, (2009).

Ressalta-se que esse achado contribui para literatura devido a pouca disponibilidade de trabalhos envolvendo EI no setor automotivo brasileiro. Foi constatado pesquisas que adotam práticas no setor automotivo da China (CHIU e YONG, 2004) e também no setor automotivo americano (ALLEMBY, 2000).

Verificando as barreiras que prejudicam a adoção das práticas da EI, este trabalho corrobora com a literatura apresentando as barreiras governamentais como relevante para as empresas *Tier 1* e *Tier 2*. A ausência de leis específicas que facilitem a comercialização de resíduos e pouca disponibilidade de investimentos para as empresas realizarem melhorias ambientais

prejudica a adoção de práticas da EI (ADAMIDES e MOUZAKITIS, 2009; WELLS e ORSATO, 2005).

As empresas do ramo automotivo sobretudo pequenas empresas (*Tier 2*) necessitam de adaptações constantes em seus processos, estas adaptações ou atualizações obrigam as empresas a focarem nos processos internos prejudicando as práticas que estão relacionadas com a integração externa da empresa para comercialização de seus resíduos (BORCHARDT et. al. 2008),

Outro achado importante é que não há simbiose industrial nos fornecedores de primeiras e segundas camadas do setor automotivo brasileiro. Esse resultado corrobora com algumas pesquisas, que afirmam que o setor automotivo não tem simbiose, conforme indicou LEIGH e LI (2014), que pode ser explicado através dos resultados encontrados neste trabalho. A ausência da simbiose industrial para empresas *Tier 1* e *Tier 2* e segundo a literatura afeta diretamente o segundo nível da EI (entre empresas) que relacionam as práticas com o objetivo de integrar processos produtivos reduzindo o descarte de resíduos (CHERTOW, 2004). Enfatiza-se que neste trabalho os resultados denotaram a presença de práticas da EI ligadas a processos internos.

As barreiras da demanda industrial que também foram destacadas nos resultados para as empresas *Tier 1* e *Tier 2* apontam dificuldades para obtenção de informações sobre a disponibilidade de resíduos que podem ser aproveitados em processos de outras empresas na cadeia automotiva. Esse resultado está de acordo com a literatura que denota a falta de informações direcionadas para integração de processos produtivos no setor automotivo separados por localidade e região (BORCHARDT et al., 2008).

Em linhas gerais, foi possível identificar que o setor automotivo necessita movimentar grandes volumes de materiais para a concepção do produto final gerando quantidades significativas de resíduos sólidos e dificuldade para destinação correta dos componentes após a vida útil do produto,

A adoção ecologia industrial parece estar distante para as empresas *Tier 1* e *Tier 2* do setor automotivo no Brasil como de outros países estudados nesta pesquisa. Isso ocorre porque as decisões industriais têm pouco controle sobre estes resíduos e focam em responder as demandas dos consumidores (ROURKE, CONNELLY e KOSHLAND, 1996).

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

As práticas da EI estão presentes no setor automotivo brasileiro compreendendo até o segundo elo da cadeia de suprimentos definidos como *Tier 1* e *Tier 2*. Estas práticas são afetadas por barreiras que prejudicam adoção de práticas para ambas as empresas. Os investimentos para adoção de práticas da EI propiciam melhorias ao meio ambiente e vantagens competitivas para as empresas, significam responsabilidade ambiental na aquisição de matérias primas, durante o processo produtivo e no descarte correto de resíduos que não permitem reciclagem, reuso e logística reversa.

As empresas *Tier 1* já reconhecem as vantagens ambientais da adoção de práticas da EI, estas práticas estão inseridas em seus processos de aquisição e produção de componentes automotivos do setor automotivo brasileiro e são requisitos obrigatórios dentre as exigências da montadora. São focadas principalmente no sistema de gestão ambiental, produção mais limpa, projeto para o meio ambiente com foco no processo e análise dos fluxos de materiais. Salienta-se que as empresas *Tier 1* possuem mais recursos financeiros para investimentos em projetos relacionados com melhorias ambientais.

No destaque para as barreiras que prejudicam a adoção de práticas da EI foi constatado que as empresas *Tier 1* são mais afetadas pelas barreiras destacando-se as barreiras governamentais, barreiras da demanda industrial e barreiras econômicas.

As empresas *Tier 2* também reconhecem as vantagens ambientais da adoção de práticas da EI mas em menor quantidade em relação as empresas *Tier 1*. Estas práticas estão focadas principalmente em logística reversa e reciclagem e reuso e possuem recursos financeiros limitados para projetos envolvendo melhorias ambientais.

As barreiras que prejudicam a adoção das práticas da EI afetam menos as empresas *Tier 2* lembrando que estas empresas sofrem menos pressão de seus clientes *Tier 1*, dentre as barreiras foi destacada também a barreira governamental e barreira da demanda industrial como relevantes para as empresas devido a ausência de leis para apoio de práticas e falta de incentivos para investimentos na adoção das práticas da EI que resultam em melhorias ambientais.

Através desta pesquisa foi possível realizar um levantamento de práticas e barreiras da ecologia industrial no setor automotivo brasileiro, estas práticas e barreiras podem ser estudadas em outros segmentos para avanço do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

- ADAMIDES, E. D.; MOUZAKITIS, Y. **Industrial ecosystems as technological niches**. Journal of Cleaner Production, v. 17, p. 172-180, 2009.
- ALMEIDA, M. V. B.; GIANNETTI; BIAGIO, F. Ecologia Industrial : conceitos, Ferramentas e aplicações. **Edgard Blücher**, 2006.
- ANDERSEN, O. **Transport of fish from Norway: energy analysis using industrial ecology as the framework**. Journal of Cleaner Production, v. 10, p. 581-588, 2002.
- ALLEMBY, B. **Industrial Ecology, information and sustentability**. Foresight the journal of futures studies, strategic thinking and policy, v.2, n.2, p. 163-171, 2000.
- BASU, A. J.; ZYL, D. A. V. **Industrial ecology framework for achieving cleaner production in the mining and minerals industry**. Journal of Cleaner Production, v. 14, p. 299-304, 2006.
- BERKEL, R.; WILLEMS, E.; LAFLEUR, M. **The Relationship between Cleaner Production and Industrial Ecology**. Journal of Industriad Ecology, v. 5, n. 1-2, p. 21-31, 1997.
- BISWAS, W. K. **The importance of industrial ecology in engineering education for sustainable development**. International Journal of Sustainability in Higher Education, v. 8, n. 1, p. 18-35, 2011.
- BORCHARDT, M.; POLTO, L. A. C.; LLITTO, M. A.; PEREIRA, G. M. **Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva**. Ambiente & Sociedade, v. XI, n. 2, p. 341-353, 2008.
- BRYMAN, A. Social research methods. 2nd. Ed. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- CAUCHICK, P. A. M.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PRUEZA, V. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. São Paulo: Elsevier, 2010.
- CHAI, K. H.; YEO, C. **Overcoming energy efficiency barriers through systems approach – A conceptual framework**. Energy Policy, v. 46, p. 460-472, 2012.
- CHARAN, P. Supply chain performance issues in an automobile company: a SAPLAP analysis. **Measuring Business Excellence**, India, v. 16, n.1, p.67-86, 2012.
- CHARMONDUSITA, S.; BHAKTIKULB, K.; ARUNLERTAREEB, C.; WISAWAPIPATB, W.; RATTANAPANC, C.; CHARMONDUSITD, A. K. **Problem Based Training Program on**

- Industrial Ecology and Environment for the Sustainability Management of Industry.** Procedia - Social and Behavioral Sciences, p. 31-36, 2012.
- COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.** 2nd ed. New York: Psychology Press, 1988.
- GIBBS D. A.; DEUTZ, P. **Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development.** Journal of Cleaner Production, v. 15, p. 1683-1695, 2007.
- DRIZO, A.; PEGNA, J. **Environmental impacts of rapid prototyping: an overview of research to date.** Rapid Prototyping Journal, v. 12, n. 2, p. 64 – 71, 2006.
- FONSECA, Edson Nery da (Org). Bibliometria: teoria e prática. São Paulo: Cultrix, Ed. da USP, 1986.
- FORESTI, Nóris. Estudo da contribuição das revistas brasileiras de
- FORNELL, C.; LARCKER, D.F. **Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error.** Journal of Marketing Research. v.18, n. 1, p. 39-50, 1981.
- FROSCH, R. A.; GALLOPOULOS, N.E. Strategies for Manufacturing, Readings from Scientific American: Managing Planet Earth, **W.H. Freehman**, New York, p. 97-108, 1990.
- FROSCH, R. A. **Toward the End of Waste: Reflections on a New Ecology of Industry.** Daedalus, Summer, v. 125, n. 3, p. 199, 1996.
- GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Developing eco-technologies: A possibility to minimize environmental impact in Southern Brazil.** Journal of Cleaner Production, p. 1-8, 2004.
- GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B.A. Industrial Ecology. **Prentice Hall**, 1995.
- GRAEDEL, T. E. **On the concept of industrial ecology.** Energy Environ, v. 21, p. 69-98, 1996.
- HAIR, J. F. HULT, G.T.M; RIGLE, C. **A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM).** Los Angeles: SAGE, 2014.
- HENSELER, J.; RINGLE, C. M.; SINKOVICS, R. R. The use of partial least squares path modeling in international marketing. Advances in International Marketing. v. 20, p. 277-319, 2009.
- HARPER; GRAEDEL. **Industrial ecology: a teenager's progress.** Technology in Society, p. 1-12, 2004.
- HOND, DEN F. **Industrial ecolgy a review.** Environ change, p. 1-68, 1999.

- JELINSKI, L. W.; GRAEDEL, T. E.; LAUDISE, R. A.; MCCALL, D. W.; PATEL, C. K. N. **Industrial ecology: Concepts and approaches**. Revista Proceedings, v. 89, p. 793-797, 1992.
- JIAO, W.; BOONS, F. **Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature**. Journal of Cleaner Production, v. 67, p. 14-25, 2014.
- JUNG, S.; DODBIBA, G.; CHAE, S. H.; FUJITA, T. **A novel approach for evaluating the performance of eco-industrial park pilot projects**. Journal of Cleaner Production, p. 1-9, 2013.
- KLEIJN, A.; VOET, E. R.; HAES, F. **The need for combining IEA and IE tools: The potential effects of a global ban on PVC on climate change**. Ecological Economics, v. 65, p. 266 – 281, 2008.
- KITUYI, E. **Towards sustainable production and use of charcoal in Kenya: exploring the potential in life cycle management approach**. Journal of Cleaner Production, v. 12, p. 1047-1057, 2004.
- KUO, N.; CHEN, P. **Quantifying energy use, carbon dioxide emission, and other environmental loads from island tourism based on a life cycle assessment approach**. Journal of Cleaner Production, v. 17, p. 1324-1330, 2009.
- LEIGH, M.; LI, X. **Industrial ecology, industrial symbiosis and supply chain environmental sustainability: A case study of a large UK distributor**. Journal of Cleaner Production, p. 1-12, 2014.
- LIU, L.; ZNANG, B.; BI, J.; WEI, Q.; PAN, H. **The greenhouse gas mitigation of industrial parks in China: a case study of Suzhou Industrial Park**. Energy Policy, v. 46, p. 301-307, 2012.
- MEANA, M. M.; MORENO, P. P.; QUESADA, I. F. **Definition of a model for the development and management of a reverse logistics industrial estate in Spain**. Dyna, v. 179, p. 14-22, 2013.
- O'ROURKE, D. **Industrial ecology: a critical review**. International Journal of Environment and Pollution, v. 6, n. 2/3, p. 89-112, 1996.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Trad. Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 1988.
- PANYATHANAKUN, V.; TANTAYANON, S.; TINGSABHAT, C.; CHARMONDUSIT, K. **Development of eco-industrial estates in Thailand: initiatives in the northern region community-based eco-industrial estate**. Journal of Cleaner Production, v. 51, p. 71-79, 2013.
- PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics? **Journal of Documentation**, USA, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

- QUIAN, L.; XIAO, T.; FENG, S. C. **Sistematic Methodology for Coping with the Information Asymmetry of Eco-industrial park**. College of Environmental Science and Engineering, n. 978, v. 1, p. 4244-6581, 2011.
- RINGLE, C.; SILVA, D.; BIDO, D. **Modelagem de Equações Estruturais com utilização do Smartpls**. Revista Brasileira de Marketing, v. 13, n. 2, p. 54-71, 2014.
- SANTOS, R. N. M.; KOBASHI, N. Y. **Bibliometria, cientometria, infometria: conceitos e aplicações**. Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação, v. 2, n. 1, p. 155-172, 2009.
- SCHILLER, F.; PENN, A. S.; BASSON, L. **Analyzing networks in industrial ecology e a review of Social-Material Network Analyses**. Journal of Cleaner Production, v. 76, p. 1-11, 2014.
- SHIU, A. S. F.; YONG, G. **On the industrial ecology potential in Asian Developing Countries**. Journal of Cleaner Production, 2004.
- TENENHAUS, M.; VINZI, V.E.; CHATELIN, Y; LAURO, C. **PLS Path Modeling**. Computational Statistics & Data Analysis, v.48, n.1, p.159-205, 2005.
- WANG, G. A.; XIAO, F. B.; CHU, K. H. **A novel approach for stability analysis of industrial symbiosis systems**. Journal of Cleaner Production, v. 39, p. 9-16, 2013.
- WELLS, P.; ORSATO, R. J. **Redesigning the Industrial Ecology of the Automobile**. Journal of industrial ecology, v. 9, n. 3, p. 2-15, 2005.
- WESTLAND, J.C. **Lower bounds on sample size in structural equation modeling**. Electronic Commerce Research and Applications, v.9, n.6, p. 476-487, 2010.
- WETZELS, M. et al. **Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: guidelines and empirical illustration**. MIS Quarterly, v.33, n.1, p.177-195, 2009.
- YIN, R. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- ZHU, Q. A.; COTE, R. P. **Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang Group**. Journal of Cleaner Production, v. 12, p. 1025-1035, 2004.

