

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

SILVIO MAURICIO DE SOUZA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM UM PROCESSO DE *DUAL SOURCING* APLICADO
NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

**São Paulo
2016**

SILVIO MAURICIO DE SOUZA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM UM PROCESSO DE *DUAL SOURCING* APLICADO
NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

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

Prof. Elesandro A. Baptista, Dr. - Orientador

Prof. Geraldo C. O. Neto, Dr. - Co-orientador

**São Paulo
2016**



PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

DE

Silvio Mauricio de Souza

Título da Dissertação: Avaliação Ambiental em um Processo de Dual Sourcing Aplicado na Indústria Automotiva.

A Comissão Examinadora, Composta Pelos Professores Abaixo, Considero(a) o(a) candidato(a) Silvio Mauricio de Souza APROVADO

São Paulo, 29 de fevereiro de 2016.

Elesandro Antonio Baptista (UNINOVE) - Orientador

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto (UNINOVE) – Coorientador

Aparecido dos Reis Coutinho (UNIMEP) - Membro Externo

Milton Vieira Junior (UNINOVE) - Membro Interno

Souza, Silvio Mauricio de.

Avaliação ambiental em um processo de dual sourcing aplicado na indústria automotiva. / Silvio Mauricio de Souza. 2016.

107 f.

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

Orientador (a): Prof. Dr. Elesandro Antônio Baptista.

1. Fonte dupla. 2. Avaliação ambiental de fornecedores. 3. MIPS. 4. Indústria automotiva.

I. Baptista, Elesandro Antônio.

II. Título

CDU 658.5

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, o grande arquiteto do universo, pela vida que tem me dado e por todas as coisas que tem colocado em minhas mãos. Especialmente, agradeço pelo fato Dele ter me dado força e sabedoria para completar esta importante etapa na minha vida.

Agradeço aos meus Pais, João de Souza e Maria Marçal de Souza, que sempre me incentivaram e que, apesar dos recursos limitados, sempre fizeram o possível e o impossível para trazer o melhor que havia em educação para os filhos.

Agradeço aos meus queridos filhos, João Victor e Miguel, razões do meu intenso esforço para me tornar uma pessoa melhor a cada dia.

Agradeço à Mirian Cruz dos Santos, pelo incentivo, compreensão e abnegação dos bons momentos juntos em prol da realização deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Elesandro Antônio Baptista, pela orientação, profissionalismo e acima de tudo conselhos que me fortaleceram tanto na vida acadêmica quanto na vida pessoal.

Agradeço ao Prof. Dr. Geraldo Cardoso de Oliveira Neto por toda a contribuição, apoio e disponibilidade que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Agradeço aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Milton Vieira Júnior e Prof. Dr. Aparecido dos Reis Coutinho, pelas melhorias apontadas durante a revisão deste trabalho, que com certeza agregaram muito valor ao mesmo.

Aos demais Professores e Pesquisadores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao meu chefe e amigo Marcelo Maciel Rabelo, por me apoiar desde o início e incentivar a todo o momento o crescimento intelectual de seus funcionários.

À Universidade Nove de Julho pela bolsa de estudos e por fornecer toda a estrutura para o desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudos fornecida.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, fica aqui o *Meu Muito Obrigado!*

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao tamanho original”.

Albert Einstein

RESUMO

Com o aumento da produção em nível mundial avançando, da mesma maneira ocorre o aumento do uso de recursos naturais e por consequência têm-se uma maior degradação do meio ambiente. O crescimento econômico faz parte do objetivo de qualquer nação, entretanto a sociedade civil está cada vez mais preocupada com os rumos que este tal crescimento está tomando. Não somente a sociedade, mas também os governantes estão preocupados com as questões ambientais e mudanças climáticas que rodeiam o planeta. As empresas por sua vez, também acompanhando este movimento ambiental, procuram reduzir o uso de recursos naturais e tomam medidas para minimizar os impactos causados por seus processos no meio ambiente. Uma forma de fazer isso é estabelecer uma avaliação ambiental em seus fornecedores, haja vista que os maiores volumes de peças de uma montadora são provenientes de peças compradas da cadeia de suprimentos. No entanto, existem muitas dúvidas de como uma avaliação ambiental pode trazer resultados positivos e efetivos para a companhia, uma vez que pesquisas recentes apontam que muitos trabalhos, não deixam claro o porquê determinado fornecedor foi a melhor escolha, e ainda, não elucidam como o fornecedor que não obteve uma boa avaliação pode melhorar sua classificação ambiental. Este trabalho realizou uma avaliação ambiental comparativa entre dois fornecedores em um processo de *dual sourcing* com o uso da ferramenta ambiental *Material Input per Units of Service* - MIPS. Para a realização deste estudo a metodologia de pesquisa adotada foi o estudo de caso por meio de entrevistas semiestruturadas, que compararam os dois processos dos fornecedores com um processo chamado de Referência. Os resultados demonstraram o quanto um fornecedor é mais eco-eficiente que o outro e com isso foi possível gerar uma classificação para ambos. Além disso, o estudo permitiu que o fornecedor menos eco-eficiente, visualizasse claramente quais os pontos em que seu processo poderia ser aprimorado.

PALAVRAS-CHAVE: Fonte Dupla, Avaliação Ambiental de Fornecedores, MIPS e Indústria Automotiva.

ABSTRACT

With the increase in production worldwide advancing, just as is the increased use of natural resources and therefore have a greater environmental degradation. The economic growth is part of the goals of any nation, but civil society is increasingly concerned with the direction this is taking such growth. Not only society, but also the rulers are concerned with environmental issues and climate change that surround the planet. Companies in turn, also following this environmental movement, seek to reduce the use of natural resources and take measures to minimize the impacts caused by its processes on the environment. One way to do this is to establish an environmental assessment on its suppliers, given that bulk of parts of manufacturers are purchased from the supply chain. However, there are many questions of how an environmental assessment can bring positive and effective results for the company, since recent research indicates that many papers, not certain why the supplier was the best choice or even worse make clear, do not make clear how this particular supplier can improve its environmental classification. This study carried out a comparative environmental assessment of two suppliers in a process of *dual sourcing* using the Material Input per Units of Service - MIPS as environmental tool. For this study the research methodology used was the case study by means semi-structured interviews, comparing the two processes of suppliers with a process called Reference. The results showed how a supplier is more eco-efficient than other and it was possible to generate a rating for both. In addition, the study allowed the least eco-efficient supplier, which clearly visualize the points in your process could be improved.

KEYWORDS: *Dual sourcing*, Green Supply Selection, MIPS and Automotive Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de cálculo do MIPS em sete passos	35
Figura 2 - Estrutura Metodológica da Pesquisa.....	40
Figura 3 - Polias Utilizadas na Pesquisa	50
Figura 4 - Fluxograma de Processo Empresa B.....	63
Figura 5 - Fluxograma de Processo Empresa C	64
Figura 6 - Mapeamento do Processo Empresa B.....	65
Figura 7 - Mapeamento do Processo Empresa C	66
Figura 8 - Fluxograma do Processo Referência	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Exemplos de Intensidade de Material (MI)	33
Tabela 2 - Aspectos Gerais das Empresas B e C	51
Tabela 3 - Dados Específicos Polia Menor	52
Tabela 4 - Dados Específicos Polia Maior.....	52
Tabela 5 - Critério Atual para Avaliação de Fornecedor.....	54
Tabela 6 - Pontuação para Certificação	55
Tabela 7 - Avaliação de VDA	55
Tabela 8 - Limite PPM por <i>Commodity</i>	59
Tabela 9 - Novo Critério para Avaliação dos Fornecedores.....	61
Tabela 10 - Valores de Intensidade de Material (MI) Utilizados	62
Tabela 11 - Estudo de Caso 1 - Polia Menor - Empresa B.....	70
Tabela 12 - Estudo de Caso 2 - Polia Maior - Empresa B.....	71
Tabela 13 - Estudo de Caso 1 - Polia Menor - Empresa C	72
Tabela 14 - Estudo de Caso 2 - Polia Maior - Empresa C.....	73
Tabela 15 - Estudo de Caso 1 - Polia Menor - Processo Referência	74
Tabela 16 - Estudo de Caso 2 - Polia Maior - Processo Referência	74
Tabela 17 - Nota Ambiental.....	76
Tabela 18 - Nota Global - Empresa B	77
Tabela 19 - Nota Global - Empresa C	78
Tabela 20 - Análise dos Dados - Estudo de Caso 1.....	80
Tabela 21 - Análise dos Dados - Estudo de Caso 2.....	82

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV.....	Avaliação do Ciclo de Vida
AED.....	Análise Envolvória de Dados
AIA.....	Avaliação de Impacto Ambiental
APC.....	Análise de Principais Componentes
CONAMA.....	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DfE.....	<i>Design for the Environmental</i>
ECD.....	<i>Environmentally Conscious Design</i>
GD.....	<i>Green Design</i>
GSCM.....	<i>Green Supply Chain Management</i>
GSS.....	<i>Green Supplier Selection</i>
IBAMA.....	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
LCA.....	<i>Life Cycle Assessment</i>
LCC.....	<i>Life Cycle Costing</i>
LCI.....	<i>Life Cycle Inventory</i>
LCIA.....	<i>Life Cycle Impact Assessment</i>
MIF.....	<i>Material Intensity Factor</i>
MIPS.....	<i>Material Input per Units of Service</i>
OEM.....	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
SAGF.....	Sistema de Avaliação Global de Fornecedores
SGA.....	Sistema de Gestão Ambiental
SQE.....	<i>Supplier Quality Engineer</i>
WBCSD.....	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo Geral.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	4
1.4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES.....	4
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2 REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE FORNECEDORES.....	6
2.2 DUAL SOURCING	8
2.3 FERRAMENTAS DA ECO-EFICIÊNCIA.....	15
2.3.1 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).....	20
2.3.2 Pegada Ecológica.....	21
2.3.3 <i>Eco-design</i>	22
2.3.4 Rotulagem Ambiental.....	23
2.3.5 Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).....	24
2.3.6 Sistema de Gestão Ambiental (SGA).....	25
2.3.7 Prevenção à Poluição (P2)	25
2.3.8 Produção mais Limpa (P+L)	26
2.3.9 Ecologia Industrial.....	28
2.3.10 <i>Design for the Environment</i> (DfE)	29
2.3.11 <i>Material Input per Units of Service</i> - MIPS	29

2.4 AVALIAÇÃO AMBIENTAL COM A FERRAMENTA MIPS	30
2.4.1 Conceitos e Funcionamento da Ferramenta MIPS	30
2.4.2 Trabalhos que Utilizaram a Ferramenta MIPS	37
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	40
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	41
3.1.1 Etapa 1 - Seleção das empresas para o estudo de caso.....	42
3.1.2 Etapa 2 - Seleção dos produtos para o estudo de caso	42
3.1.3 Etapa 3 - Coleta dos dados	42
3.1.4 Etapa 4 - Critério atual para avaliação de fornecedores	44
3.1.5 Etapa 5 - Novo critério para avaliação de fornecedores	44
3.1.6 Etapa 6 - Fluxograma e mapa de processos dos fornecedores.....	44
3.1.7 Etapa 7 - Fluxograma do processo referência	45
3.1.8 Etapa 8 - Determinação do MIC e MIT do processo dos fornecedores	48
3.1.9 Etapa 9 - Determinação do MIC e MIT do processo Referência.....	48
3.1.10 Etapa 10 - Determinação da nota ambiental.....	48
3.1.11 Etapa 11 - Determinação da nota global.....	48
3.1.12 Etapa 12 - Análise dos dados	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1 SELEÇÃO DAS EMPRESAS PARA O ESTUDO DE CASO (ETAPA 1)	49
4.2 SELEÇÃO DOS PRODUTOS PARA O ESTUDO DE CASO (ETAPA 2).....	50
4.3 COLETA DE DADOS (ETAPA 3)	51
4.4 CRITÉRIO ATUAL PARA AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES (ETAPA 4)	53
4.4.1 Grupo Estratégico	54
4.4.1.1 Certificações	54
4.4.1.2 Compras	56
4.4.2 Grupo Operacional.....	56

4.4.2.1 Logística	56
4.4.2.2 Qualidade.....	58
4.5 NOVO CRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES (ETAPA 5).....	60
4.5.1 Critério Ambiental	61
4.6 FLUXOGRAMA E MAPA DE PROCESSO – FORNECEDORES (ETAPA 6)	63
4.7 FLUXOGRAMA DO PROCESSO REFERÊNCIA (ETAPA 7)	67
4.8 DETERMINANDO MIC E MIT - FORNECEDORES (ETAPA 8)	69
4.8.1 Empresa B	69
4.8.2 Empresa C	71
4.9 DETERMINANDO MIC E MIT - PROCESSO REFERÊNCIA (ETAPA 9)	73
4.10 DETERMINANDO A NOTA AMBIENTAL (ETAPA 10)	75
4.11 DETERMINANDO A NOTA GLOBAL (ETAPA 11)	76
4.11.1 Empresa B	76
4.11.2 Empresa C	77
4.12 DISCUSSÃO DOS CASOS (ETAPA 12)	78
4.12.1 Estudo de Caso 1	79
4.12.2 Estudo de Caso 2	81
5 CONCLUSÕES	83
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as questões ambientais têm sido objeto de intensa preocupação tanto pela sociedade no âmbito mundial, quanto pelos seus governantes, que buscam acordos para minimizar os impactos causados na natureza. As mudanças climáticas se tornaram um desafio para toda a sociedade (BURGHILA *et al.*, 2015).

A degradação ambiental causada pelo aumento dos níveis de poluição, de maneira geral, tem levado a opinião pública a um grau de preocupação com questões ambientais e de sustentabilidade não vistos antes. As empresas, em resposta a esta preocupação, buscam trazer para a sua rede de suprimentos, fornecedores que atendam às expectativas da sociedade (CHEN *et al.*, 2012).

As organizações tendem a manter um relacionamento de longo prazo com a cadeia de suprimento, estabelecendo relações confiáveis entre si (HO *et al.*, 2010). Por outro lado, com o aumento do grau de preocupação com as questões relacionadas ao meio ambiente, não existe somente a necessidade das empresas comprarem peças com baixo custo, alta qualidade e bom prazo de entrega, mas sim, também comprarem de empresas que tenham foco na responsabilidade ambiental (LEE *et al.*, 2009).

Algumas empresas com o objetivo de minimizar os custos, melhorar a qualidade e atender os prazos estabelecidos pelos clientes, adotam o *dual sourcing*, uma das formas de compra em que um comprador escolhe dois fornecedores, pelo qual um pode dominar o outro em termos de volume, preço, confiabilidade e outros (YU *et al.*, 2009).

A aplicação do *dual sourcing* nas companhias tem sido fator fundamental para a sustentação dos negócios, ainda mais em tempos de crise, em que alguns fornecedores da cadeia de suprimentos acabam encerrando suas atividades devido à escassez de recursos. As empresas que possuem um bom mapeamento desta cadeia de suprimento tendem a sofrer menos as paralisações por quebra de fornecimento, mantendo alto desempenho e produtividade (ZENG e XIA, 2015).

Apesar de o *dual sourcing* exercer influência nos resultados das empresas (QI *et al.*, 2015), a presente pesquisa revelou não existir trabalhos que tivessem como foco, uma avaliação ambiental comparativa entre dois fornecedores. Concomitantemente a isso, Govindan *et al.* (2015), identificaram em seus estudos,

que muitas abordagens trabalham na seleção de um fornecedor, mas sem deixar claro o porquê esta foi a melhor escolha, além disso, os fornecedores avaliados não possuem informações claras de como melhorar sua classificação ambiental.

Neste trabalho por sua vez, buscou-se realizar uma avaliação ambiental comparativa em um processo de *dual sourcing*, pela qual a empresa A (Sistemista), compra as mesmas peças dos fornecedores B (empresa de grande porte) e C (empresa de pequeno porte), com volume de 50% de cada.

Para tanto, utilizou-se a ferramenta *Material Inputs per Units of Service* - MIPS para mensurar os impactos ambientais causados por ambos os processos, e assim, foi possível apresentar para o fornecedor menos eco-eficiente, além dos pontos exatos pelos quais ele poderia ter uma melhoria na sua classificação ambiental.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Muitos estudos têm sido realizados em relação à avaliação ambiental de fornecedores, contudo, utilizando-se de abordagens metodológicas individuais que por muitas vezes não deixam claro de que forma determinado fornecedor tenha sido escolhido com o melhor desempenho ambiental (GOVINDAN *et. al.*, 2015).

Govindan *et. al.* (2015), enfatiza em sua pesquisa que, investigações mais profundas por profissionais e pesquisadores precisam ser realizadas e análises comparativas precisam ser concluídas, sendo assim, este é o cenário que se configura atualmente. Por este motivo, mais estudos são necessários nesta área de avaliação ambiental de fornecedores.

O *dual sourcing*, por sua vez, é um processo que se aplica quando se têm componentes a serem montados em um determinado sistema, que apresentam certo grau de risco em se manter um fornecedor único, seja este risco ocasionado por problemas voltados à qualidade ou capacidade do fornecedor (YU *et al.*, 2009).

Todavia, apesar da forte utilização do *dual sourcing* em vários processos na indústria, evitando a dependência de um fornecedor problemático (HEESE, 2015), não foi verificado um trabalho sequer em *dual sourcing* com foco na avaliação ambiental.

Diante do cenário apresentado por Govindan *et. al.* (2015) e a ausência de trabalhos que avaliem ambientalmente um processo de *dual sourcing*, pode-se verificar essa lacuna a ser explorada. Com isso este trabalho propõe investigar, como ponto central do seu desenvolvimento, a seguinte questão de pesquisa não resolvida:

Como fazer uma avaliação ambiental comparativa dos fornecedores envolvidos num processo de *dual sourcing*, que vá além das condições convencionais praticadas de custo, qualidade e entrega?

Como premissa básica de resposta provável à questão enunciada, o trabalho aqui proposto tem o objetivo de confirmar a seguinte proposição:

P1 - Adicionar aos critérios convencionais de avaliação de fornecedores, um critério ambiental, que demonstre qual fornecedor é o mais eco-eficiente.

1.2 OBJETIVOS

Para responder à questão de pesquisa colocada e avaliar a proposição estabelecida, o objetivo geral e os específicos são:

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor e aplicar uma avaliação ambiental em dois fornecedores participantes de um processo de *dual sourcing*, adicionando aos critérios já existentes (certificações, compras, logística e qualidade), um critério ambiental.

1.2.2 Objetivos Específicos

- i. realizar uma pesquisa bibliográfica a fim de identificar as dimensões teóricas sobre avaliação ambiental em processo de *dual sourcing* e identificar sua aplicação dentro do ramo automotivo;
- ii. analisar e avaliar o processo produtivo de duas empresas, sendo a empresa B (de grande porte) e a empresa C (de pequeno porte), fazendo o levantamento de dados necessários para a avaliação ambiental;
- iii. fazer a correlação entre os dados das duas empresas B e C, além de determinar um processo de referência;

- iv. analisar o critério de avaliação de fornecedores utilizado pela empresa A (Sistemista);
- v. propor um novo critério de avaliação de fornecedores para a empresa A, adicionando ao existente um critério ambiental.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho propõe estudar a avaliação ambiental em um processo *dual sourcing*, na qual se pretende a partir dos resultados obtidos, pontuar os dois fornecedores e dar subsídios para que os mesmos possam melhorar seus processos. Os estudos realizados se limitaram aos processos internos das empresas avaliadas e aos dados de transportes utilizados, entretanto, os processos dos subfornecedores não foram avaliados e contabilizados nos resultados.

1.4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

O setor automotivo brasileiro, desde meados de 2008 vem passando por dificuldades em função da crise econômica que se agravou em 2014, com isto as quedas de vendas em todos os mercados; automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus, aumentaram ainda mais a concorrência entre as empresas. Portanto, tornar-se competitivo no mercado é ponto fundamental para a própria sobrevivência da companhia.

Fatores relacionados à redução de custo e preservação do meio ambiente se tornaram pontos estratégicos para o futuro das corporações (VAZ *et al.*, 2009), e mesmo com as vendas em baixa o setor automotivo continua sendo uma importante área para a economia brasileira, de modo que desenvolver trabalhos que possam agregar valor, diminuir os custos e tornar as empresas mais eco-eficientes, pode ser um diferencial competitivo.

A preocupação com meio ambiente está propiciando o surgimento de um novo paradigma para a gestão de negócios: aquecimento global, efeito estufa, poluição, dentre outros temas tomam conta do cotidiano de diferentes organizações (BURGHILA *et al.*, 2015). As questões ambientais têm pressionado as empresas a

desenvolver ações e soluções socialmente corretas, ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis (VENDRAMETTO *et al.*, 2010).

Implantar um indicador ambiental em uma organização beneficia a produtividade dos recursos e dos processos, devido à economia de materiais e redução de lixo e resíduos (BRATTEBO, 2005). Além disso, pode trazer ganhos econômicos devido à substituição, reutilização ou reciclagem dos insumos da produção, menor consumo de energia ao longo do processo (SISINNO e MOREIRA, 2005).

É importante ressaltar que este trabalho trouxe benefícios para a indústria, no sentido das empresas poderem mensurar seus impactos ambientais e utilizarem isso de forma positiva melhorando a sua imagem, e também trouxe benefícios para o meio acadêmico, uma vez que este trabalho estuda um tema ainda pouco explorado.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos, sendo estes:

Capítulo 1: É constituído pela introdução, formulação do problema, objetivos, delimitações do estudo, justificativas e contribuições e estrutura do trabalho.

Capítulo 2: É constituído pela revisão da literatura, pela qual é realizada uma revisão bibliográfica das ferramentas da eco-eficiência, o uso da ferramenta MIPS e por fim *dual sourcing*.

Capítulo 3: É constituído pela metodologia da pesquisa, pela qual se fez uma avaliação da natureza, abordagem, objetivos, métodos e coleta de dados utilizados para a realização do trabalho.

Capítulo 4: É constituído pelos resultados do trabalho, provenientes do estudo de caso que foi realizado.

Capítulo 5: É constituído pelas considerações finais obtidas mediante a análise dos resultados e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre avaliação ambiental de fornecedores, *dual sourcing*, ferramentas da eco-eficiência e avaliação ambiental com a ferramenta MIPS, com o objetivo de prover elementos teóricos para a identificação do estado da arte, bem como colaborar para a identificação das lacunas de pesquisa.

2.1 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE FORNECEDORES

Nesta seção é realizada uma revisão da literatura acerca das questões que envolvem a avaliação ambiental de fornecedores (em inglês o termo é conhecido como *Green Supplier Selection – GSS*).

Até o início dos anos de 1990, as empresas adotavam políticas de compras e seleção dos seus fornecedores por meio de critérios como preço, qualidade e entrega, processo conhecido como convencional (IGARASHI *et al.*, 2013). Todavia, com a inserção do tema compra verde, exigiu-se a inclusão de critérios ambientais na seleção de fornecedores, o que deu início ao conceito de GSS (LAMMING e HAMPSON, 1996; NOCI, 1997).

Percebendo a evolução do tema “compra verde”, no final dos anos de 1990, havia uma indicação de que esforços ambientais das empresas não teriam sucesso se não fossem integrados com as atividades de compras (WALTON *et al.*, 1998).

No início da década de 2000, a revisão dos modelos de decisão para seleção de fornecedores por De Boer *et al.* (2001), nem tampouco o estudo de seguimento por Wu e Barnes (2011) abordavam explicitamente seleção de “fornecedores verde”. Além disso, estudos anteriores por Weber *et al.* (1991) e Stamm e Golhar (1993) não indicaram em suas pesquisas quaisquer critérios ambientais.

Recente estudo feito por Govindan *et al.* (2015), afirma que investigações mais profundas são necessárias e análises comparativas precisam ser concluídas sobre avaliação ambiental de fornecedores. Observa-se então uma convergência entre autores desde o início das publicações até os dias atuais, em relação a algumas lacunas de pesquisa ainda pouco exploradas.

O processo de seleção de um fornecedor é geralmente considerado como uma atividade no departamento de qualidade e compras das empresas. Começa com a

definição de qual grupo (*commodities*) o produto a ser desenvolvido pertence. Em seguida, os compradores apresentam as especificações para os potenciais fornecedores, e um convite à apresentação de propostas é comunicada a eles. A seleção é feita depois de analisar as informações apresentadas pelos candidatos fornecedores. Isso normalmente leva várias rodadas, e a escolha final é feita a partir de um número de fornecedores qualificados (COUSINS *et al.*, 2008; DE BOER *et al.*, 2001; VAN WEELE, 2010).

Do ponto de vista ambiental, espera-se que uma grande variedade de critérios ambientais seja utilizada para medir o impacto ambiental. Estes critérios podem ser aplicados no processo de seleção do fornecedor, além dos critérios convencionais, tais como preço, qualidade, e de entrega (IGARASHI *et al.*, 2013).

Os critérios ambientais podem ser estruturados, em relação a qualquer produto ou serviço que está sendo comprado, ou diretamente aplicado ao fornecedor (FET *et al.*, 2011). Lloyd (1994) classifica os critérios ambientais em dois grupos principais: critérios ambientais relacionados a produtos e critérios relacionados ao fornecedor. Enarsson (1998), Handfield *et al.* (2002), Chen (2005), Huang e Keskar (2007) e Parikka-Alhola (2008) usam formas semelhantes de classificar os critérios ambientais.

De acordo com Igarashi *et al.* (2013), critérios ambientais em projetos empíricos aplicados ao fornecedor tipicamente solicitam gestão ambiental, política ambiental, conformidade com os regulamentos e uma avaliação de segunda camada de fornecedores. Em critérios ambientais aplicados ao produto são comuns se observar a redução de substâncias tóxicas, reciclagem, rotulagem ambiental e a reciclagem de embalagens.

Ademais, o grande desafio da GSS está em fazer com que critérios ambientais não violem outros objetivos fundamentais como o lucro e qualidade. Isto implica em processo gradual de implantação da GSS, pela qual os níveis estratégicos e operacionais e suas devidas restrições devem estar alinhados entre si (CARTER e ROGERS, 2008).

Os critérios de avaliação de um fornecedor devem estar harmoniosamente coligados de tal forma que o negócio seja sustentável e se tenha equilíbrio nas questões de custo, qualidade, logística e também ambiental. Os critérios ambientais não podem pesar de forma isolada dentro de uma avaliação de um fornecedor (IGARASHI *et al.*, 2013).

Igarashi *et al.* (2013), em seus estudos, identificaram quatro dimensões fundamentais na GSS, sendo: (1) alinhamento, pela qual considera que deve haver uma estratégia definida pela alta direção da empresa quanto a compra de fornecedores verdes, identificação concreta do conceito verde e formulação de critérios significativos; (2) ferramentas, pela qual considera que deve ter um papel definido quanto a modelos e ferramentas para tomada de decisão em GSS; (3) processo, que se refere ao processamento de informações e decisões inter-relacionadas; (4) contexto da cadeia de suprimentos, na qual se deve observar a posição na cadeia de abastecimento, equilíbrio de poder e as discrepâncias perceptíveis entre as empresas.

A maioria das pesquisas identificadas concentra-se em apenas uma só dimensão (IGARASHI *et al.*, 2013), excetuando-se (HANDFIELD *et al.*, 2002); SHAIK e ABDUL-KADER, 2011). Pesquisas futuras devem investigar múltiplas dimensões simultaneamente e também pesquisas empíricas são necessárias para o maior aprofundamento destes constructos (IGARASHI *et al.*, 2013).

Observa-se, assim que tanto Govindan *et al.* (2015) quanto Igarashi *et al.* (2013), apontam a necessidade de estudos mais aprofundados e a necessidade de desenvolvimento de critérios ambientais que possam ser mensurados e utilizados de forma efetiva pelos fornecedores avaliados, de tal forma que seus processos possam ser melhorados.

2.2 DUAL SOURCING

Nesta seção é abordado o tema *dual sourcing* e suas possíveis correlações com questões ambientais, especificamente avaliação ambiental de fornecedores.

Para tal, as pesquisas nas bases de dados se deram por meio do uso de duas palavras chaves: *dual sourcing* e avaliação ambiental, alternado com seus respectivos correlatos em português e inglês.

Em um ambiente altamente competitivo, no caso o automotivo, ter uma gestão da cadeia de abastecimento bem-sucedida é fundamental para o sucesso da operação, principalmente quando os níveis de oferta são pouco confiáveis e a demanda é estocástica (ZHU, 2015).

Para Yu *et al.* (2009), pode-se dividir as estratégias de abordagens quanto ao abastecimento em quatro grupos:

- de fonte exclusiva (*sole sourcing*);
- de fonte única (*single sourcing*);
- de fonte dupla (*dual sourcing*);
- de fonte múltipla (*multiple sourcing*).

No primeiro e no segundo caso, é necessário mencionar que fonte exclusiva se difere de *single sourcing*. Fonte exclusiva refere-se a uma relação entre comprador e fornecedor, em que a base de fornecimento possui apenas um fornecedor, enquanto que *single sourcing* é quando um comprador escolhe somente um fornecedor, mesmo que outros fornecedores estejam disponíveis na base de fornecimento (YU *et al.*, 2009). O terceiro caso, de *dual sourcing*, indica que um comprador escolhe dois fornecedores, um dos quais pode dominar o outro em termos de quota de negócio, preço, confiabilidade e outros (YU *et al.*, 2009). No último modelo de abastecimento, de *multiple sourcing*, um comprador faz negócios com vários fornecedores e coloca um fornecedor contra o outro para aproveitar o melhor preço (YU *et al.*, 2009).

De acordo com Qi *et al.*, (2015), *dual sourcing* ou *multiple sourcing* em contraste com o *single sourcing*, pode otimizar os lucros das companhias e mitigar os riscos associados a quebra de fornecimento.

O *dual sourcing* pode evitar a dependência de um fornecedor potencialmente problemático e introduz a concorrência entre fornecedores, o que pode levar a um melhor desempenho e melhores condições contratuais (HEESE, 2015).

De acordo com He *et al.*, (2015), rupturas no abastecimento apresentam um grande desafio para as corporações, o *dual sourcing* pode amenizar os riscos de desabastecimento e ampliar a concorrências entre os fornecedores, além disso, o lucro máximo esperado em uma estratégia de *dual sourcing* apresenta-se maior ou igual ao lucro máximo esperado com uma estratégia de *single sourcing*, quando o *dual sourcing* se utiliza de fornecedores locais (SEREL, 2015).

De acordo com Zeng e Xia, (2015), a aplicação de *dual sourcing* para itens críticos e estratégicos das companhias em um ambiente vulnerável e inseguro são vitais para obtenção dos resultados esperados de desempenho e produtividade.

Conceitos como *Just-In-Time* (JIT), *Lean Manufacturing* e Gestão da Qualidade Total, muitas vezes sugerem a redução da base de fornecedores e constroem relacionamentos de longo prazo com fornecedores importantes. No entanto, a globalização, que apresenta vantagens econômicas expressivas, sugere o uso de

multiple sourcing (LAURENT LIM *et al.*, 2014).

Na implantação de um processo de *dual sourcing* surgem algumas vantagens, sendo que a mais importante delas é minimizar os riscos de abastecimento. Se um fornecedor estratégico vier a falhar o impacto financeiro é alto, entretanto se uma fonte alternativa tenha sido desenvolvida, os custos cairiam significativamente (SAJADIEH e THORSTENSON, 2014).

Outra vantagem do *dual sourcing* é o estímulo da concorrência entre os fornecedores, que empurra um contra o outro e faz com que eles se desenvolvam em termos de qualidade e confiabilidade, criando assim uma cultura de melhoria contínua (QI *et al.*, 2015), caso um determinado concorrente melhore em uma área, o outro se obriga a melhorar também para se manter competitivo (SIRIKASEMSUK e LUONG, 2014).

De acordo com Mallidis *et al.* (2014), o *dual sourcing* promove uma melhoria de qualidade entre os fornecedores, uma vez que o objetivo de cada fornecedor é garantir a continuidade da produção e talvez se tornar um fornecedor único.

O *dual sourcing* apresenta bons resultados quando aplicado para tecnologias complexas, pois no início de desenvolvimento dá-se a opção de redesenhar os produtos enquanto a produção é mantida por outra fonte de fornecimento (SU e LIU, 2014). A vantagem se observa também quando aplicado para novos produtos, pois alterações podem ser realizadas em um fornecedor, enquanto a produção é abastecida por outro (SU e LIU, 2014).

O processo de *dual sourcing* também apresenta algumas desvantagens em sua aplicação, a primeira delas trata-se da economia de escala, pois se sabe que quanto maior o volume oferecido, menor o preço ofertado. Com o *dual sourcing*, apesar de estabelecer concorrência na cadeia de fornecimento em alguns casos o preço do produto acaba ficando maior devido à diminuição do volume (GLOCK, 2012).

Outro ponto negativo do *dual sourcing* é na pesquisa e desenvolvimento (P&D), pois em caso de dois fornecedores, pode não haver verba suficiente para investir nos dois, e assim ocorre um favoritismo a um deles (HEESE, 2015).

Existe ainda, uma possibilidade que para alcançar preços maiores com o comprador, os dois fornecedores possam pactuar com preços previamente combinados. Isso causaria um impacto negativo, elevando os preços dos produtos e afetando a viabilidade da operação (ZHANG e LUO, 2013).

A proposta de aplicar um processo de *dual sourcing* baseia-se na gestão de

riscos. Se um único fornecedor se enquadra em alguns dos critérios listados a seguir, uma segunda fonte deveria ser desenvolvida (JIN e RYAN, 2012):

- atrasos no fornecimento dos produtos;
- qualidade dos produtos não atendem as especificações;
- saída do fornecedor do negócio ou falência;
- constantes quebras de máquina;
- constantes greves dos trabalhadores.

Para a implantação de um *dual sourcing* em um processo, em geral, deve-se avaliar se tal implantação será fácil e de baixo custo. No que se refere à facilidade, trata-se do quão fácil é de se mudar de um fornecedor para dois. Geralmente quando a dificuldade é alta, os custos também seguem a mesma tendência (TORRES *et al.*, 2010). Tais dificuldades podem incorrer em custos que incluem encontrar, adquirir, atualizar, a sincronização de sistemas de abastecimento e avaliar. Quando os custos são altos, o capital pode ser utilizado de forma mais eficiente em outras alternativas (CONSTANTINO e PELLEGRINO, 2010).

Ao decidir pela aplicação de *dual sourcing*, alguns pontos devem ser levados em consideração para a tomada de decisão, tanto os custos tangíveis, quanto os intangíveis devem ser levados em conta (GLOCK, 2012; ZHANG e LUO, 2013; TORRES *et al.*, 2010). Em um processo de *dual sourcing*, existem vantagens (SAJADIEH e THORSTENSON, 2014; QI *et al.*, 2015; SIRIKASEMSUK e LUONG, 2014; SU e LIU, 2014; MALLIDIS *et al.*, 2014) e desvantagens (GLOCK, 2012; HEESE, 2015; ZHANG e LUO, 2013) e, portanto, em uma possível implantação, uma avaliação profunda deve ser realizada para identificá-los.

As primeiras pesquisas identificadas sobre o tema *dual sourcing*, foram observadas no início dos anos de 1960, em que Barantin (1961) estuda um modelo de único período com entrada de pedidos de emergência e, na ocasião se faz a distinção entre as políticas de *single sourcing* e *dual sourcing*, pela qual uma ou duas posições de inventário são controladas.

Modelos de avaliação discretas incluem Fukuda (1964), que estuda um modelo de inventário dinâmico com demanda estocástica em que os tempos de entrega são determinísticos de ambas as fontes que diferem exatamente por um período, além disso, o estudo mostra que o *dual sourcing* é ideal sob condições suaves.

De acordo com Whittemore e Saunders (1977), pelo qual estende o modelo de Fukuda para permitir tempos de entrega arbitrários, ainda determinísticos, em que demonstram que quando se tem tempos de entrega que diferem por mais de um período, a situação ideal passa a não ser simplesmente uma função de uma ou duas posições de inventário e passa a depender do histórico dos pedidos.

Assumindo um tempo de entrega regular, porém com reabastecimento de emergência imediata, Rosenshine e Obee (1976) avaliaram numericamente as entradas e saídas do estoque e assumiram uma taxa constante de uma fonte regular. Indo na mesma linha, Tagaras e Vlachos (2001) permitiram o reabastecimento de emergência dentro do período de avaliação regular.

De acordo com Veeraraghavan e Scheller-Wolf (2006), introduziu política de *dual sourcing* utilizando um procedimento de otimização com base em simulação simples aplicada a cadeia de fornecimento.

Segundo Scheller-Wolf *et al.* (2006), demonstrou que por meio de cálculos computacionais que uma política de *single sourcing* pode até mesmo superar a de *dual sourcing*, dependendo a sua forma de aplicação.

Modelos de avaliações contínuas incluem os estudos de Moinzadeh e Nahmias (1988) que consideraram duas fontes com tempos de entrega determinísticos e custos de ordem fixos. Assumindo custos negligenciáveis, Moinzadeh e Schmidt (1991) consideraram uma política de estoque de base *dual sourcing* mais sofisticada, quando a informação de fornecimento em tempo real sobre o período de todas as ordens pendentes e o nível de estoque é usado.

Song e Zipkin (2008) exploraram o estudo de Moinzadeh e Schmidt considerando um sistema com múltiplas fontes de abastecimento sob demanda estocástica. Bradley (2004) considera um problema de estoque de produção em que o inventário pode ser reabastecido na produção a partir de funcionários diretos ou por meio de um subcontratante. Zipkin (2000) destaca a conexão entre o inventário e teoria das filas.

O uso do modelo de *single sourcing*, segundo Yu *et al.* (2009), possui uma característica significativa entre um comprador e um fornecedor que promovem um ambiente colaborativo, em que os benefícios são compartilhados.

Yu *et al.* (2009) avaliaram que para iniciativas *Just-In-Time* (JIT) é fundamental a integração entre comprador e fornecedor para que se tenha uma execução bem-sucedida de um modelo de *single sourcing*. Como *single sourcing* tornou-se uma

prioridade para muitas empresas no fim dos anos 90, muitos pesquisadores passaram a estudar as suas vantagens.

De acordo com Larson e Kulchitsky (1998), o *dual sourcing* se destaca por ter maior qualidade a um menor custo total para o comprador, além de elevados níveis de cooperação entre comprador e fornecedor. No entanto, uma única fonte de fornecimento expõe a empresa compradora a um maior risco de interrupção na cadeia de suprimentos.

Na realidade o objetivo do JIT é simplesmente ter um fornecedor confiável, em que não houvessem riscos na interrupção do abastecimento, entretanto, segundo Kelle e Miller (2001), com o aumento do *Global Sourcing* isso não pode ocorrer sempre, forçando que as empresas deixem de utilizar do JIT como opção de abastecimento.

Por outro lado, uso do modelo de *dual sourcing* para Sculli e Wu (1981), em que eles assumem dois fornecedores com tempo de entrega idêntico e distribuído normalmente e as expressões derivadas para a média e variância, para um efetivo tempo de entrega.

De acordo com Sculli e Shum (1990), que estenderam a ideia de Sculli e Wu (1981) e mostraram que dividir um pedido entre muitos fornecedores, cujo tempo de entrega são distribuídos normalmente, resulta em uma diminuição do prazo de entrega da chegada da primeira parcela. Todavia, Hayya *et al.* (1987), já havia demonstrado os mesmos resultados para a distribuição numérica, por meio de simulações e experimentos.

Pan *et al.* (1991), demonstrou que quando os prazos de entrega dos fornecedores são uniformes, exponenciais ou uma distribuição normal, ocorre que estes respectivos prazos são comprimidos, melhorando a performance dos fornecedores.

Anos depois, Guo e Ganeshan (1995) estendem os estudos de Pan *et al.* e demonstram como a compressão do tempo de entrega aplicado em múltiplas fontes de fornecimento pode ser usada para tomada de decisão.

Kelle e Silver (1990a) estudaram o impacto de *multiple sourcing* de fornecedores em uma política de *order-fill* (Número de pedidos processados em um determinado período sem *stockouts*) em três situações: demanda de entrega normal, Poisson ou Weibull, e demonstraram que a aplicação da *multiple sourcing* garante estoques de segurança menores quando comparados ao de *single sourcing*.

Em seguida, Kelle e Silver (1990b), alcançaram resultados parecidos, porém desta vez aplicados à política de *stockout* (quando algum item chega a saldo zero no estoque). Hill (1996) mostrou que quando se aplica a estratégia de *multiple sourcing*, o nível de estoque médio será menor para ambas as situações (política de *order-fill* e *stockout*) sob qualquer distribuição de tempo de entrega.

Estudos anteriores centraram seus esforços nos benefícios da estratégia de *dual sourcing* e *multiple sourcing* em uma estrutura de inventário. O consenso foi que a estratégia de *dual sourcing* fornece, na maioria dos casos em que a demanda do tempo de entrega é incerta, menores custos de inventário (GANESHAN *et al.*, 1999).

Ramasesh *et al.* (1991), em seus estudos adotaram um modelo de revisão de inventário contínuo com a política de *order-fill* em um ambiente de *dual sourcing*, em que foram utilizados os tempos de espera uniformes ou exponenciais e verificados os custos e benefícios associados, considerando que os tempos de espera eram idênticos.

Logo depois, Ramasesh *et al.* (1993) estenderam seus estudos sobre os tempos de entrega uniformes ou exponenciais, porém desta vez considerando que as distribuições de tempo de entrega e a proporção dos pedidos não necessariamente iguais para os fornecedores.

Hong e Hayya (1992), investigaram um ambiente de *dual sourcing* de fornecimento numa perspectiva JIT e concluíram que ela pode ser utilizada de forma eficaz e, além disso, pode proteger as incertezas em um ambiente estocástico. Mais tarde, Lao e Zhao (1993), e Chiang e Benton (1994) estenderam esses estudos de *dual sourcing*, considerando demanda aleatória, uma divisão desigual entre os fornecedores e qualquer distribuição de tempo de entrega estocástico.

Na presente pesquisa, apesar de inúmeros autores tratarem de temas relacionados à logística propriamente dita e outros até entrarem em questões como qualidade no fornecimento em *dual sourcing* (QI *et al.*, 2015; SIRIKASEMSUK e LUONG, 2014), não foi evidenciado em nenhum caso, avaliação ambiental em um processo de *dual sourcing*.

Apenas um trabalho reduziu a emissão de CO₂ na atmosfera mudando as estratégias de roteiro do transporte na União Europeia (MALLIDIS *et al.*, 2014). Entretanto, o foco aconteceu na mudança das rotas e não na avaliação ambiental dos fornecedores envolvidos no processo.

Portanto, após a revisão da literatura foi possível observar a falta de trabalhos,

acerca de avaliação ambiental em um processo de *dual sourcing*, evidenciando assim uma lacuna ainda pouco explorada.

2.3 FERRAMENTAS DA ECO-EFICIÊNCIA

As preocupações com as questões ambientais estão cada vez mais presentes e o meio ambiente formado por todos os seres vivos e não vivos que existem em nosso planeta, dependem do equilíbrio físico, químico e biológico, fundamental para o correto funcionamento do planeta Terra (ODUM, 1998; BURGHILA *et al.*, 2015).

Muitos desequilíbrios têm sido causados ao longo das últimas décadas, em função do crescimento populacional e também do próprio crescimento econômico, com isso o equilíbrio do planeta tem sido afetado, gerando dúvidas sobre a sustentabilidade em um futuro próximo (ODUM, 1998; BURGHILA *et al.*, 2015).

As extrações de materiais e as emissões causam mudanças no fluxo natural do meio ambiente. Anteriormente sistemas de ciclo estáveis, acabaram se tornando instáveis, como exemplo o efeito estufa. Estas mudanças no fluxo natural alteram o meio ambiente de forma definitiva (ODUM, 1998).

Do ponto de vista ambiental e social, os processos de manufatura em geral, causam impactos negativos e as empresas por sua vez estão cada vez mais conscientes disso (SETTHASAKKO, 2010).

Nas indústrias existe um crescimento da aplicação das práticas de produção sustentável, conseqüentemente, as empresas estão se tornando cada vez mais conscientes quanto à importância de desenvolverem ferramentas e práticas ambientais (DESPEISSE *et al.*, 2011).

De acordo com Ribeiro *et al.* (2010), as empresas, em função da grande pressão ambiental, estão por outro lado transformando isso em vantagem competitiva e isto tem feito com que as organizações se tornem cada vez mais eco-eficientes.

A preocupação com questões ambientais deixou de ser uma responsabilidade exclusiva do Estado e passou a ser de interesse de todos. A consciência ambiental de toda a sociedade, incluindo aqui cidadãos comuns, indústrias e governantes, gera uma pressão nos empresários para investirem em políticas ambientais (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Por mais que as empresas trabalhem em sua minimização, os impactos ambientais provenientes dos processos produtivos podem gerar custos adicionais

relevantes, principalmente em função de possíveis ações ambientais e cobranças da sociedade (GIANNETTI *et al.*, 2008).

As indústrias estão respondendo de forma positiva às demandas exigidas por este apelo ambiental, em que tratam seus resíduos e minimizam os impactos causados pelo processo produtivo. Todavia, é esperado que todos os processos sejam avaliados e melhorados, desde a compra da matéria prima até o descarte após a vida útil do produto pelo consumidor (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Embora se tenha a ideia de que as preocupações com o meio ambiente sejam recentes, os conceitos de eco-eficiência têm sido abordados desde a década de 1970, inicialmente chamava-se de “eficiência ambiental” (FREEMAN *et al.*, 1973).

Anos depois, na década de 1990, o conceito de eco-eficiência foi apresentado ao mundo por meio do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2000), de forma mais estruturada e organizada.

De acordo com o WBCSD (2000), quando se observa todo o ciclo de vida de um produto ou serviço, quatro grandes áreas possuem possibilidades de proporcionar melhorias de eco-eficiência, sendo elas:

- a reorientação dos processos (na qual se pode reduzir o consumo de recursos naturais, redução de contaminantes, aumento do uso de materiais reciclados, correta disposição dos resíduos, redução de riscos e custos);
- a revalorização dos subprodutos (em que se pode ter a cooperação entre empresas, ou seja, o subproduto de uma empresa pode ser matéria prima para outra, buscando sempre o resíduo zero);
- o redesenho dos produtos (em que um produto pode ser redesenhado com características físicas mais sustentáveis, pensando na matéria prima para a produção sendo a mesma reaproveitada ou não);
- a realocação dos mercados (em que empresas inovadoras buscam novos mercados, buscando produtos que utilizem menos uso de materiais e energia).

Segundo Brattebo (2005), o termo eco-eficiência diz respeito a estratégias e medidas de desempenho ambiental e econômico, combinados entre si e que por sua vez tenham a avaliação dos impactos econômico-ambientais fundamentado em uma orientação do ciclo de vida de um determinado produto ou serviço.

Ainda segundo Brattebo (2005), o grande desafio em aplicar a eco-eficiência, é o mesmo de aplicar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), em que facilmente pode-se aplicar em escala local ou corporativa, contudo quando observado em escala global, torna-se difícil a avaliação a ser realizada.

Para Brattebo (2005), a partir da definição comum para eco-eficiência estabelecida pela WBCSD (Eco-eficiência = unidades de geração de valor por unidade de influência ambiental), pode-se pensar em diferentes abordagens para se medir o desempenho da sustentabilidade, e dentre outros fatores, têm o fato da eco-eficiência não cobrir aspectos sociais, o que demonstra naturalmente uma fraqueza metodológica.

Por fim, Brattebo (2005) conclui que, voltando à questão econômica, é preciso basear as decisões políticas (industriais e ambientais) na análise custo-benefício, em que incluem as externalidades de custos ambientais e sociais. Percebe-se, no entanto, que a determinação dos níveis de valor desses custos representa um desafio a ser superado.

Eco-eficiência tem sido definida como uma meta geral de criação de valor e diminuição do impacto ambiental. Deixando de fora a parte normativa deste conceito, a parte empírica refere-se a uma relação entre o impacto ambiental e o custo econômico ou valor (HUPPES e ISHIKAWA, 2005).

De acordo com Holliday *et al.* (2002), a eco-eficiência consiste em fabricar mais produtos e serviços, tendo como objetivo principal a busca pela redução do uso de recursos energéticos utilizados e indo além, minimizando os resíduos gerados no processo de produção.

Para Pereira (2005), a eco-eficiência pode ser definida como um conceito de gestão que busca relacionar a competitividade com o desenvolvimento sustentável e nesses dois ambientes devem estar integrados o desempenho ambiental e econômico.

Trazendo a definição de eco-eficiência para o ambiente empresarial, Sisinni e Moreira (2005), definem empresas eco-eficientes como aquelas que possuem a capacidade de obter ganhos econômicos, associados aos ganhos ambientais, uma

vez que são empresas que trabalham visando à redução de resíduos gerados pelo processo produtivo.

Por outro lado, a grande realidade das indústrias, principalmente nas pequenas e médias, os conceitos de eco-eficiência ainda têm sido pouco aplicados no setor industrial, o qual é o que mais modifica o meio ambiente (SISSINO e MOREIRA, 2005).

Segundo Lehni (2000), as empresas com conceitos de eco-eficiência no seu processo produtivo, estão propensas a gerarem produtos e serviços com maior valor agregado que outras que não o fazem, pelo fato de visar à redução do consumo de recursos naturais e minimizar a geração de fatores poluentes.

Com uma visão mais humanitária, Vaz *et al.* (2009), afirmam que a eco-eficiência deve ser tratada em três esferas: econômica, ambiental e social, isto é, para que uma companhia tenha sucesso no mercado em que atua, ela deve ser economicamente sadia, respeitando o meio ambiente e valorizando a sociedade.

Mesmo tendo alguns métodos de medição da eco-eficiência sendo estudados e aprovados em pesquisas anteriores, como no caso da Análise Envoltória de Dados (AED), pesquisada por Zhang *et al.* (2008) e também Análise de Principais Componentes (APC) pesquisada por Nigel *et al.* (2004), o método mais frequentemente usado é o estabelecido pela WBCSD (2000), em que a eco-eficiência é dada pela seguinte razão:

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor do Produto/Serviço}}{\text{Influência Ambiental}} \quad [1]$$

De acordo com Seppälä (2005), é fundamental saber definir o numerador e o denominador da Equação 1 e para isso existe uma variedade de recomendações para os seus significados e como ele deve ser quantificado.

Para Zhang *et al.* (2008), quanto à influência ambiental ou impactos ambientais, descrita na ISO 14031, avaliação de desempenho ambiental, tem sido amplamente aplicada para a seleção de indicadores mais importantes. A WBCSD (2000) oferece vários indicadores referentes a eco-eficiência, mas destaca-se os cinco principais, sendo: o consumo de energia; consumo de água; consumo de material; gases de efeito estufa e substâncias que empobrecem a camada de ozônio.

A *United Nations Conference on Trade And Development* (UNCTAD, 2003),

também apresenta indicadores de desempenho ambiental, tais como: o uso da água; uso de energia; a contribuição para o aquecimento global; substâncias que empobrecem a camada de ozônio e resíduos. No que se refere aos indicadores de impactos ambientais regionais, Mickwitz *et al.* (2006) aplicam tabelas de economia regional de insumo x produto, a fim de gerar indicadores de consumo de recursos naturais.

O grande desafio da indústria, quando implanta um sistema de avaliação ambiental em seu processo produtivo, está em como ela irá monitorar e logo avaliar os ganhos obtidos, tanto os ambientais quanto os econômicos (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006).

Sabe-se que para conseguir melhorar algum processo, seja ele qual for, primeiramente é preciso medi-lo e é nesse ponto que está o grande desafio. Os indicadores de desempenho ambiental são informativos específicos que expressam os dados sobre o desempenho ambiental de uma organização (SILVA e MEDEIROS, 2004),

Para ratificar as práticas organizacionais que estão sendo desenvolvidas a fim de minimizar seus impactos adversos provenientes de suas atividades, sem a utilização de indicadores ambientais, uma organização não pode determinar e gerenciar o seu desempenho ambiental (MICKWITZ *et al.*, 2006).

O principal objetivo do indicador ambiental é fornecer informações simples e objetivas aos tomadores de decisão e também à sociedade em geral, acerca de algum problema urbano/ambiental que se deseja avaliar o avanço ou retrocesso em relação ao meio ambiente (VAZ *et al.*, 2009).

O uso de ferramentas adequadas para a avaliação ambiental e econômica, por sua vez fornecem aos seus gestores os recursos necessários para atingirem seus objetivos de redução de custos, assim como a redução de resíduos no meio ambiente (PAOLI *et al.*, 2013).

É possível observar que existe um consenso entre os autores em relação à importância de uma avaliação ambiental, entretanto o grande desafio está em gerar indicadores confiáveis e aplicáveis que operacionalizem isto dentro das empresas.

A seguir são apresentadas as dez principais ferramentas da eco-eficiência que calculam os impactos causados ao meio ambiente.

2.3.1 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Os primeiros estudos realizados sobre ACV tiveram início em meados da década de 1960, com a crise do petróleo, entretanto de forma bastante discreta, sendo que o pós-crise desencadeou uma preocupação da sociedade com o uso irrestrito dos recursos naturais. Na década de 1980, em função dos interesses por assuntos ligados ao meio ambiente, a ACV começou a ganhar força, mas foi nos anos de 1990, impulsionada pela norma ISO 14040 que os estudos sobre ACV expandiram de vez (BARBOSA JÚNIOR *et al.*, 2008).

Conceitualmente a ABNT (2001) descreve a ACV como uma ferramenta de gerenciamento ambiental que por sua vez avalia aspectos e impactos ambientais que estejam associados ao ciclo de vida de um determinado produto ou serviço.

De acordo com Caldeira-Pires *et al.* (2005), a ACV é uma ferramenta que tem como principal objetivo avaliar os impactos de um produto, serviço ou qualquer atividade econômica ao meio ambiente e à saúde, ao longo de todo o seu ciclo de vida e, além disso, tal avaliação pode gerar oportunidades de melhoria do desempenho ambiental, uma vez que, o efeito multiplicador de sua aplicação pode promover avanços tecnológicos, incentivando e beneficiando a cadeia produtiva como um todo.

Segundo Chehebe (1997), a aplicação da ACV requer que seja realizada toda uma análise dos produtos envolvidos no sistema, considerando desta forma todos os impactos ambientais possíveis, “do berço ao túmulo”, ou seja, a avaliação deve ser considerada desde a extração da matéria-prima até a destinação final do produto em seu descarte.

De acordo com Xu e Becker (2012), um processo completo de ACV possui: objetivo e definição de escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação. Conceituando as etapas têm-se a ACV propriamente dita, que em inglês chama-se (*Life Cycle Assessment - LCA*), na segunda etapa a análise de inventário, que em inglês (*Life Cycle Inventory - LCI*) e por último, avaliação de impacto e interpretação, que em inglês (*Life Cycle Impact Assessment - LCIA*).

O LCI é a contabilização direta de todos os materiais que estão envolvidos no sistema de interesse estudado e consiste em detalhamento de todos os fluxos (entrada e saída), incluindo matérias-primas, energia, a água e as emissões para o ar, água e terra por substância específica (XU e BECKER, 2012).

O LCI é um tipo de análise que pode ser, dependendo do produto,

extremamente complexa, podendo envolver dezenas de processos individuais dentro de uma cadeia de suprimentos (XU e BECKER, 2012).

O LCIA é o LCI analisado, ou seja, supõe-se que dentro de uma análise de LCI se tem um consumo de volume conhecido de gás natural (dados estes que pertencem ao inventário), no LCIA calcula-se neste caso, por exemplo, os impactos causados no aquecimento global, devido à queima deste combustível (XU e BECKER, 2012).

Existe outro fator que não aparece na relação descrita anteriormente (LCA, LCI e LCIA), o custo do ciclo de vida, em inglês chama-se (*Life Cycle Costing* - LCC) e que por sua vez, não pode ser confundido com o LCI e LCIA, pois se trata de outra abordagem de ciclo de vida, que olha para os custos monetários envolvidos com um produto ou serviço e não para o impacto ambiental (XU e BECKER, 2012).

2.3.2 Pegada Ecológica

A Pegada Ecológica foi apresentada pela primeira vez na década de 1990 e a proposta apresentada baseia-se de uma metodologia para avaliar as implicações ambientais de modelos alternativos de desenvolvimento. O indicador permite estimar a área equivalente de terra, água ou biosfera, necessária para suportar atividades produtivas. Seu atributo único é que ele explica a demanda sobre os recursos naturais, em termos de uma área de terra ou água equivalente, ou hectares globais (WACKERNAGEL e REES, 1996).

Segundo Santos *et al.* (2008), a Pegada Ecológica é uma ferramenta que mede o desenvolvimento sustentável de forma fácil e consiste basicamente calcular a área necessária para garantir a subsistência de uma determinada população ou sistema econômico, de tal forma que possa fornecer a energia e os recursos naturais necessários, além disso, ela mede a capacidade deste mesmo sistema em absorver os resíduos produzidos.

De acordo com Santos *et al.* (2008), o principal objetivo deste indicador é fazer com que haja uma conscientização da opinião pública frente aos problemas ambientais, destacando o crescimento sustentável das nações e principalmente não comprometendo as gerações futuras.

Tal indicador permite uma comparação entre os países ou determinadas regiões, devido analisar o consumo de recursos naturais provenientes das atividades

humanas versus aquilo que a natureza pode fornecer e assim mostra se esta determinada região é ou não sustentável em longo prazo (CINDIN e SILVA, 2004).

De acordo com Bellen (2007), a Pegada Ecológica utiliza o método de teoria de sistemas, pela qual se medem os fluxos de entradas e saídas de matéria e energia de um determinado sistema econômico, transformando-os em áreas correspondentes de terra ou água existentes na natureza para sustentar este mesmo sistema. Este conceito não avalia somente a população humana, mas também a distribuição per capita do seu consumo.

Segundo Santos *et al.* (2008), apesar do indicador de Pegada Ecológica, por um lado ser de fácil aplicação e assim permitir que sejam feitos os comparativos entre regiões, por outro lado ele se revela incapaz de capturar todos os aspectos de um determinado sistema.

2.3.3 *Eco-design*

O conceito de *Eco-design* nasceu no início dos anos de 1970, época que se tinha na ocasião uma preocupação com a relação homem-natureza, em que novos projetos surgiam com um viés ecológico (PAPANEEK, 1971).

O *Eco-design* tem como objetivo básico desenvolver produtos e serviços que minimizem o uso de recursos não renováveis ou de certa forma diminua o impacto ambiental (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009).

Devido a uma dependência crescente de combustíveis fósseis e formas industrializadas de fazer agricultura, as atividades humanas podem danificar os sistemas que mantêm a Terra e o resultado poderia ser irreversível e em alguns casos levando a um estado menos adequado para o desenvolvimento humano (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009).

Isto gera uma necessidade crescente de reduzir os impactos ambientais causados e para Rio *et al.* (2011), o produto tem que ser reestruturado em várias escalas: governos e instituições internacionais, o sistema industrial, os serviços, os produtos propriamente ditos e as funções.

O *Eco-design* se preocupa com a questão ambiental, desde início do desenvolvimento de um produto até a sua disposição final, procurando substituir, por exemplo, matéria prima, materiais utilizados e a manufatura propriamente dita, por outros sistemas menos nocivos ao meio ambiente (KARLSSON e LUTTROP, 2006).

2.3.4 Rotulagem Ambiental

De acordo com Kohlrausch (2003), o aumento da população mundial, associado ao mau uso dos recursos naturais, tem causado problemas ambientais. Processos produtivos que poluem e castigam o meio ambiente podem prejudicar as futuras gerações. A Rotulagem Ambiental por sua vez, exerce a função de divulgar as práticas ambientais de uma determinada empresa.

Segundo Kohlrausch (2003), a Rotulagem Ambiental é uma ferramenta importante que oferece aos consumidores a possibilidade de distinção dos produtos no mercado, quanto ao seu respectivo impacto ambiental, o que contribui para uma produção industrial com menor impacto ambiental.

Para Kohlrausch (2003), a Rotulagem Ambiental tem suas contribuições para o meio ambiente, entretanto, teme que empresas possam se utilizar dessa rotulação para criar atribuições enganosas ou duvidosas, uma vez que alegações descritas nas embalagens como “biodegradável” ou “ambientalmente correto”, entre outras, podem não possuírem nenhum tipo de verificação ou validação, criando um problema.

Colaborando para a solução deste problema, a série ISO por sua vez, para as questões de rotulagem ambiental, normatizou por meio da Norma ISO14020 três tipos diferentes de declarações ambientais: Tipo I, II e III (ABNT, 2002). Ela estabelece critérios estruturais que validam tecnicamente os programas de rotulação ambiental existentes, permitindo que os mesmos possam ser avaliados, são eles:

- Rotulagem tipo I – NBR ISO 14024: Programa Selo Verde

Estabelece os princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental, incluindo a seleção, critérios ambientais e características funcionais dos produtos, e para avaliar e demonstrar sua conformidade. Também estabelece os procedimentos de certificação para a concessão do rótulo (ABNT, 2002).

- Rotulagem Tipo II – NBR ISO 14021: Auto-declarações ambientais

Especifica os requisitos para auto-declarações ambientais, incluindo textos, símbolos e gráficos, no que se refere aos produtos. Termos selecionados em

declarações ambientais e fornece qualificações para seu uso. Descreve uma metodologia de avaliação e verificação geral para auto-declarações ambientais e métodos específicos de avaliação e verificação para as declarações selecionadas nesta Norma (ABNT, 2002).

- Rotulagem Tipo III – ISO 14025: Inclui avaliação do ciclo de vida

Informa sobre dados ambientais de produtos, qualificados de acordo com os conjuntos de parâmetros previamente selecionados e baseados na ACV, são rótulos concedidos e licenciados por organizações externas independentes (ABNT, 2002).

2.3.5 Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é uma ferramenta de caráter preventivo usado em políticas ambientais e gestão ambiental, que visa assegurar que um determinado projeto, que pode causar danos ao meio ambiente, seja analisado e posteriormente avaliado por um processo de aprovação (ERICKSON, 1994).

A elaboração de um AIA deve ser feita por meio de uma equipe multidisciplinar com base em estudos ambientais, que devem ser apresentados diagnósticos, análises e avaliações sobre os impactos ambientais que estejam efetivamente acontecendo e também impactos potenciais (ERICKSON, 1994).

De acordo com Barbieri (1995), têm-se a necessidade de se fazer um AIA quando ocorrer qualquer alteração, seja positiva ou negativa, no meio ambiente ou no meio social.

No caso de um novo empreendimento deve-se apresentar estudos profundos quanto à identificação e avaliação dos impactos que serão causados no meio ambiente, tanto no Brasil como em muitos outros países, o processo de licenciamento dos novos empreendimentos, dependem da aprovação do AIA (BARBIERI, 1995).

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que foi instituído pela regulamentação da legislação e emite as resoluções para todo o território brasileiro e foi instituído pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, como um órgão normativo na área ambiental (BARBIERI, 1995).

O IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

Renováveis) é o órgão executivo federal, que tem a função de fazer executar a política e diretrizes estabelecidas para o meio ambiente (BARBIERI, 1995).

O RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) é o documento que apresenta as conclusões estabelecidas no Estudo de Impacto Ambiental (EIA ou AIA), deve ser preparado de forma bastante objetiva e de fácil compreensão, escrito com linguagem não técnica e ser de fácil interpretação do público em geral (BARBIERI, 1995).

Concluindo, o AIA é uma ferramenta funcional na indústria, visto que sua utilização é cobrada por fiscalizações periódicas, faz com que a ferramenta seja utilizada para todos os processos, principalmente em grandes empresas.

2.3.6 Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

Segundo Oliveira e Serra (2010), apesar das empresas visarem à lucratividade em suas atividades, questões ambientais têm ganhado importância, principalmente em função de consumidores mais conscientes e exigentes, que procuram por produtos cada vez mais ambientalmente corretos. O SGA é uma ferramenta importante para que os objetivos e metas das companhias sejam atendidos.

De acordo com Oliveira e Serra (2010) é importante salientar que a Norma NBR ISO 14001, estabelece os requisitos para o SGA, entretanto não define em detalhes a maneira e nem o grau que empresa deve ter ou alcançar, isso facilita sua implantação em qualquer tipo de empresa, independente de sua região ou porte.

Segundo Rowland-Jones e Cresser (2005), o SGA pode ser definido como um método estruturado pelo qual as empresas buscam a proteção do meio ambiente. As empresas identificam os impactos ambientais que causam e a partir deles, estabelecem metas de redução ou eliminação.

De acordo com Oliveira e Serra (2010), existem muitas ferramentas ambientais que surgiram e se preocupam somente com o ciclo de vida de um produto, porém poderiam ser muito mais abrangentes do que são, desde que fossem gerenciadas por um SGA bem estruturado.

2.3.7 Prevenção à Poluição (P2)

A Prevenção da Poluição (P2), possui uma característica de atuar na redução, eliminação ou prevenção da poluição, com o foco principal que isto aconteça em sua

fonte (ABRAHAM, 2000).

De acordo com Abraham (2000), a redução na fonte é muito mais eficiente que reciclagem, tratamento e disposição, existem diversas possibilidades da indústria reduzir a poluição na fonte (custo-benefício na produção, operação e utilização de matérias-primas) e muitas vezes a redução na fonte não acontece devido as companhias focarem em tratamento e disposição.

Ainda segundo Abraham (2000), a P2 diminui os custos financeiros (gestão de resíduos e limpeza), além dos custos ambientais (problemas de saúde e danos ao meio ambiente). A P2 protege o meio ambiente por meio da conservação dos recursos naturais e reforça o crescimento econômico sustentável, com uma produção mais eficiente, fazendo com que tanto as indústrias quanto a sociedade, melhorem a capacidade de lidar com os resíduos.

A evolução da tecnologia revela que os fenômenos de poluição e modificações do ecossistema de hoje, são o resultado de decisões que foram tomadas no passado e, portanto, as decisões que se deve tomar necessitam considerar suas consequências (SHEN, 1995).

Segundo Cagno *et al.* (2005), a habilidade de algumas companhias de explorarem as questões ambientais, pode se tornar uma vantagem competitiva, gerando oportunidades de melhoria nos processos, por meio de novas tecnologias mais limpas, modificações nos processos e práticas de gerenciamento mais apropriadas.

2.3.8 Produção mais Limpa (P+L)

O termo Produção mais Limpa (P+L) foi idealizado pela (UNIDO/UNEP, 1995), que o define como uma aplicação contínua de uma estratégia econômica e ambiental, associada a uma tecnologia integrada a processos e produtos, com o objetivo de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, com a não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos, gerando benefícios ambientais e econômicos para o processo produtivo.

O objetivo principal da P+L é, em sua essência simples e direta, minimizar ou eliminar os desperdícios diretamente na sua fonte, para não ter que tratá-los posteriormente, portanto é uma ferramenta que age na causa raiz da geração de resíduos (VAN BERKEL, 2006).

A P+L trata de um conceito de melhoria contínua que tem como objetivo tornar o processo produtivo cada vez menos agressivo tanto ao homem quanto a meio ambiente e cada ação que é tomada para reduzir o uso de matérias-primas e energia, ou prevenir e minimizar a geração de resíduos aumenta a produtividade e traz benefícios econômicos também (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006).

Dentro do tema P+L, a reciclagem também é um fator essencial para o sucesso da implantação da ferramenta e Moura (2000), afirma que a reciclagem de diversos tipos de materiais (metais, vidros, papel, papelão, plástico, pneu entre outros) visam à preservação do uso de recursos naturais e economia de energia em toda a cadeia produtiva.

Segundo Mano *et al.* (2005), a reciclagem é a solução ideal para a despoluição do meio ambiente, uma vez que transforma os produtos descartáveis em partículas, transformando-os em um novo produto e evitando que as mesmas sejam simplesmente incorporadas ao solo.

A P+L tem como objetivo, melhorar a eficiência, tornar as empresas mais lucrativas e competitivas, sendo que ao mesmo tempo busca a proteção do ambiente, do consumidor e do trabalhador (UNIDO/UNEP, 1995; GIANNETTI e ALMEIDA, 2006).

A implantação da P+L em um sistema produtivo qualquer, tem como seu resultado uma redução de resíduos, emissões e obviamente custos. Toda ação que resulte em redução do uso dos recursos naturais e consumo de energia, bem como prevenção e redução da geração dos resíduos, pode aumentar o índice de produtividade, resultando em ganhos financeiros associados para a empresa (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006).

A implantação de um programa de P+L, necessita monitoramento por meio de indicadores ambientais e de processo, podendo apresentar bons resultados relacionados ao uso eco-eficiente dos recursos, que por sua vez traz completo entendimento ao sistema de gerenciamento da empresa (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2009).

É de suma importância que os empresários visualizem os ganhos ou perdas financeiras envolvidas dentro de uma implantação de um processo mais sustentável. Isto passa a ser um grande diferencial quando utilizado, pois traz a luz do conhecimento fatores importantes para que auxiliem a tomada de decisão (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006; OLIVEIRA NETO *et al.*, 2009).

As vantagens econômicas da P+L tornam-se mais evidentes em longo prazo, uma vez que geralmente no início do projeto existem investimentos na adoção de novas tecnologias, além de modificações de processos existentes (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2009). Incluem-se nestas vantagens o aumento da eficiência do processo, gerando, por conseguinte, a redução permanente dos custos totais por meio do uso eficiente de matérias-primas, água e energia, redução de resíduos e também por meio de boas práticas operacionais (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2009).

2.3.9 Ecologia Industrial

De acordo com Despeisse *et al.* (2012), a Ecologia Industrial é uma das mais complexas ferramentas ambientais, pois possui um sentido amplo no âmbito fabril, e para que se considere que uma determinada empresa possua um sistema de Ecologia Industrial, a mesma deve estar interligada com outras empresas de tal forma que o resíduo de uma empresa seja o insumo de outra e assim os resíduos sejam minimizados ao máximo.

Segundo Despeisse *et al.* (2012), a Ecologia Industrial tem um papel importante em fazer a transição para uma sociedade mais sustentável em que a geração de resíduos e o uso de recursos naturais sejam reduzidos ao mínimo possível.

Sucintamente a filosofia da Ecologia Industrial sugere a modelação de sistemas industriais como os ecológicos, em que muito pouco é descartado ou perdido, o que a torna um potencial guia para a melhoria da sustentabilidade (SEAGER e THEIS, 2002).

A Ecologia Industrial representa um conjunto de princípios de projetos e operações padronizados de acordo com os próprios mecanismos naturais em que matéria-prima e rejeitos têm a mesma função para diferentes organismos, propiciando a minimização do desperdício e a eficiência ambiental (SEAGER e THEIS, 2002).

De acordo com Graedel e Howard-Grenville (2005), os três tipos de modelos de Ecologia Industrial incluem: “Tipo I” (Linear) em que o sistema tem uma forte dependência de recursos externos e assume que o ambiente tem capacidade ilimitada de produzir insumos de recursos e assimilar as saídas de resíduos; “Tipo II” (Quase-Cíclico) em que existe um certo grau de ciclagem de recursos por meio do sistema que reduz a necessidade de uma entrada de recursos externos e saída de resíduos;

“Tipo III” (Cíclico) que tem o maior grau de ciclagem (auto-suficiência) com circuito fechado de circulação de recursos dentro do sistema e a entrada exclusiva para o sistema a ser sustentada por energia solar.

2.3.10 *Design for the Environment (DfE)*

As primeiras práticas identificadas sobre DfE aconteceram na década de 1980, em que aspectos técnicos foram considerados em projetos para redução do impacto ambiental em determinados produtos, apresentando um novo conceito de remanufatura (LUND, 1984).

De acordo com Lund (1984), a remanufatura é um processo pelo qual produtos usados são reparados para uma nova condição. Neste aspecto o produto deve ser desmontado, as partes aproveitáveis limpas e então estas peças retornam para o estoque, a fim de serem utilizadas em novos produtos. Este novo produto seria composto por peças novas e outras reaproveitadas.

Já em 1990, essas primeiras experiências tiveram uma forte expansão, em que o objetivo principal cerceava a proteção do uso de recursos naturais e dessa forma uma nova abordagem para o projeto surgiu, em que além de chamada como DfE, outros nomes sinônimos foram dados, tais como: *Green Design* (GD) e *Environmentally Conscious Design* (ECD), caracterizados pelo objetivo prioritário de, ainda na fase de projeto, minimizar o impacto dos produtos no meio ambiente (GIUDICE *et al.*, 2006).

Para Billatos e Basaly (1997), o DfE é uma ferramenta ambiental que examina todo o ciclo de vida do produto para propor alterações no projeto de forma a minimizar o impacto ambiental do produto desde sua fabricação até seu descarte.

A incorporação do desenvolvimento do produto em seu ciclo de vida pode integrar a preocupação com o meio ambiente em cada etapa do ciclo de vida do produto, de forma a reduzir os impactos gerados durante este ciclo. Sendo assim, os projetistas precisam conhecer todo o fluxo de material, para desenvolver métodos e ferramentas voltados ao meio ambiente (BILLATOS e BASALY, 1997).

2.3.11 *Material Input per Units of Service - MIPS*

A ferramenta de avaliação ambiental e econômica MIPS, também conhecida e

citada por alguns autores como MIF (*Material Intensity Factor*) trata de um conceito não somente ambiental, mas também econômico, originalmente desenvolvido na década de 1990 pelo Instituto Wuppertal na Alemanha (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2012).

O MIPS tem como objetivo estimar o impacto de entrada sobre o meio ambiente, causado pela produção ou serviços de um produto e indica a quantidade de recursos materiais usados para este produto ou serviço (TAEKO e TAKAYUKI, 2005).

Fazendo uma análise das ferramentas de eco-eficiência apresentadas, observa-se que desde o início de 1970, mesmo que de forma tímida, começou um movimento que se preocupava com as ações que os humanos estavam tomando em relação ao uso sustentável dos recursos naturais. Sabe-se que estes recursos são escassos e limitados, sendo assim ações que minimizem seu uso são sempre bem-vindas.

Nesta revisão da literatura das ferramentas ambientais, ou indicadores ambientais, pode-se verificar a importância de cada um deles em diversas áreas de atuação, observou-se que cada ferramenta pode oferecer a sua contribuição de forma individual, ou de forma conjunta. Isto se faz necessário, pois cada tipo de avaliação ambiental possui suas particularidades e cada ferramenta pode contribuir para um determinado campo do conhecimento.

Com a revisão das ferramentas da eco-eficiência foi possível observar que a melhor ferramenta a ser empregada nesta pesquisa foi o MIPS, de modo que uma seção específica para a investigação desta ferramenta.

2.4 AVALIAÇÃO AMBIENTAL COM A FERRAMENTA MIPS

Para medir o impacto ambiental causado pelos processos estudados nesta presente pesquisa, conforme apresentado na seção anterior, foi utilizada a ferramenta de avaliação ambiental MIPS. Portanto nesta seção, foi realizada uma revisão da literatura demonstrando os conceitos da ferramenta e como é seu funcionamento, além da apresentação de trabalhos que utilizaram o MIPS em seus estudos.

2.4.1 Conceitos e Funcionamento da Ferramenta MIPS

O MIPS é considerado um indicador ambiental de fácil execução e ajuda a

mostrar o lado positivo, bem como o potencial financeiro de determinado projeto, em que se pode monitorar o uso e gestão de serviços, custos, e a própria eficiência dos recursos (VENDRAMETTO *et al.*, 2010).

O conceito MIPS pode ser aplicado na empresa, bem como fora dela também, em todas as áreas de economia empresarial, em nível regional, nacional e global. Atua nos processos de todos estes níveis e contribui para a otimização dos insumos de materiais e aumento de produtividade (RITTHOF *et al.*, 2002; VENDRAMETTO *et al.*, 2010).

O MIPS calcula o uso de recursos do ponto de sua extração da natureza, todo o consumo de material durante a fabricação, utilização e reciclagem ou eliminação que é calculada de volta ao consumo de recursos. Estes cálculos são depois transformados para as categorias: biótica, abiótica, água, ar e terra (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2014).

O MIPS pode ser utilizado em todo o ciclo de vida do produto, tais como: produção (incluindo a extração de matérias primas, fabricação de pré-produtos, transporte e vendas); uso (incluindo todo o consumo, transporte e reparos) e por fim, reciclagem ou eliminação (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2010).

A análise do ciclo de vida do produto é necessária, pois nem sempre o impacto ambiental acontece somente durante a fabricação, mas sim durante a utilização do produto e acaba carregando os efeitos ambientais ao longo do ciclo de vida (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2010).

Por meio do MIPS, as empresas podem realizar atualizações quanto a observações ambientais amplas do ciclo de vida de seus produtos e serviços, possibilita que inovações de produtos e processos aconteçam derivadas das análises e cálculos obtidos (FRANZESE *et al.*, 2013).

Toda entrada de material se torna, em algum momento, uma saída, sendo estas, resíduos ou emissões. Como cada entrada transforma-se em uma saída, se pode chegar a uma estimativa do potencial impacto ambiental. O MIPS, ao contrário da maioria dos outros indicadores ambientais, procura mensurar as entradas e não somente as saídas (RITTHOF *et al.*, 2002).

No entanto, quando se mede as entradas, as saídas obrigatoriamente são incluídas no cálculo. Medindo as entradas, não somente se tem uma análise qualitativa, mas uma importante parcela quantitativa, assim o MIPS se apresenta como um importante indicador ambiental preventivo (RITTHOF *et al.*, 2002).

O MIPS baseia-se na questão do potencial do impacto ambiental de um produto que deve ser avaliado principalmente na entrada de material, portanto quanto menos matéria prima utilizada, menor o impacto ambiental (GIANNETTI *et al.*, 2008).

De acordo com Vedrametto *et al.*, (2010), o conceito MIPS foi elaborado para medir a eco-eficiência de um produto ou serviço, a partir da massa dos materiais empregados no mesmo, sendo assim, os cálculos levam em conta os materiais necessários para produzir esse determinado produto ou serviço e quanto menor o consumo de materiais utilizados mais o sistema é eco-eficiente.

De acordo com o conceito MIPS, para fazer uma comparação entre os processos, é necessário estabelecer uma medida de comparação e esta medida no MIPS é chamada de unidade de serviço, ou em inglês, *Service Unit* (CAVALETT e ORTEGA, 2010).

Com o cálculo do MIPS, é possível realizar análises comparativas entre dois processos que fabricam o mesmo tipo de produto ou serviço, e avaliar qual causa o maior impacto ambiental (MONACO e DI MATTEO, 2011), e conseqüentemente a partir destes dados, tomar ações de melhorias no processo avaliado.

Para saber o resultado total do impacto ambiental (MIT), primeiramente é preciso entender que o ecossistema é composto de compartimentos bióticos e abióticos, que possuem interações importantes entre eles. O compartimento biótico consiste no conjunto de todos os organismos vivos, como plantas e decompositores. O compartimento abiótico é o conjunto de todos os fatores não vivos de um ecossistema, mas que influencia o meio biótico, tais como: temperatura, pressão, chuva entre outros (ODUM, 1998).

O impacto ambiental causado ao meio ambiente pode ser calculado por meio do método MIPS, na qual os valores são fornecidos pelo Instituto Wuppertal e informados na seguinte sequência: meio abiótico, meio biótico, água, ar e terra (RITTHOF *et al.*, 2002; VENDRAMETTO *et al.*, 2010).

Segundo Ritthof *et al.* (2002) o meio abiótico é tudo que se refere a recursos não renováveis, tais como, minerais, fontes de energia fósseis e escavação de solo. No meio biótico já são os recursos renováveis, como por exemplo, a biomassa vegetal. Movimentos da terra podem ser causados por movimentos mecânicos e erosão. Água que pode ser encontrada na superfície, solo e subterrâneo profundo. Ar é calculado quando se utiliza processo de combustão.

A divisão do conceito MIPS em cinco categorias, fez com que a aplicação fosse

praticada de forma uniforme. O uso dessas categorias para contabilidade dos fluxos de materiais pode ser analisado tanto no nível macro quanto no nível micro (RITTHOF *et al.*, 2002).

De acordo com Ritthof *et al.*, (2002), os fatores de *Material Input* (MI), na medida em que são verificados, são divulgados pelo Instituto Wuppertal. Os cálculos MIPS podem ser aplicados para materiais (por exemplo, aço, alumínio, vidro, etc.) ou módulos (eletricidade, transportes, etc.).

Uma limitação do MIPS é verificada quando se observa a quantidade de materiais disponíveis para os cálculos, apesar da tabela com fatores MI ser atualizada frequentemente, os cálculos se limitam a utilizarem os materiais disponíveis (RITTHOF *et al.*, 2002).

A Tabela 1 apresenta dois exemplos de aplicação feita pelo Instituto Wuppertal, sendo o primeiro exemplo eletricidade e o segundo de material, no caso, aço inox.

Tabela 1 - Valores de Exemplos de Intensidade de Material (MI)

Nome	Especificação	Intensidade Material [kg/kg]						Região
		Abiótico	Biótico	Água	Ar	Terra		
						Erosão	Mecânica	
Energia, combustíveis e plantas [kg/kWh]								
Eletricidade	Elétrica (Rede Pública)	3,15	0,04	57,64	0,514			Alemanha
	Elétrica (Rede Industrial)	2,67		37,92	0,640			Alemanha
Metais								
Aço Inox	18% Cr, 9% Ni	14,43		205,13	2,83			Europa
	17% Cr, 12% Ni	17,94		240,33	3,38			Europa

Fonte: Wuppertal, 2014

Os compartimentos são divididos em cinco categorias (abiótico, biótico, água, ar e terra), a quantidade de cada compartimento é processada e com isso obtém-se um total chamado de “Intensidade de Massa”. Para determinar os valores de intensidade de massa (MIF), conforme apresentado na Equação 2, basta multiplicar a entrada de fluxo de massa (M), pelos Fatores de Intensidade (IF), que corresponde à

quantidade de material necessário para produzir uma unidade de fluxo de entrada (RITTHOF *et al.*, 2002; VENDRAMETTO *et al.*, 2010).

Depois de calcular o MIF individualmente, é possível calcular a Intensidade de Massa por Compartimento (MIC), na qual mede a redução do impacto ambiental por compartimento abiótico (*a*), biótico (*b*), água (*c*), ar (*d*) e terra (*e*), conforme apresentado na Equação 3. Por fim, realiza-se o cálculo total de intensidade de massa (MIT), que consiste em verificar o impacto ambiental total no sistema aplicado, conforme apresentado na Equação 4 (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2014).

$$MIF = M \times IF \quad [2]$$

$$MIC = MIF A (a) + MIF B (a) + MIF C (a) + MIF n (a) \quad [3]$$

$$MIT = MIC(a) + MIC(b) + MIC(c) + MIC(d) + MIC (e) \quad [4]$$

Onde:

MIF = Entrada de material (Kg) x Fator de Intensidade (Tabela Wuppertal);

M = Massa (Kg);

IF = Fator de Intensidade (Adimensional);

MIC = Intensidade de massa medida por compartimento;

MIT = Intensidade de massa total.

Ao proceder a uma análise de acordo com conceito MIPS, contabiliza-se toda a movimentação de material causado na biosfera. Tanto a biosfera, o ambiente natural, quanto à tecnosfera, o ambiente que engloba as atividades humanas, estão interligados entre si, e cedo ou tarde, o que era entrada torna-se saída, sob forma de resíduos ou emissões (RITTHOF *et al.*, 2002).

A fronteira entre a biosfera e a tecnosfera é teórica, e uma análise abrangente do ciclo de vida é necessária e os materiais devem ser avaliados, entretanto, para cada trabalho que usa o conceito MIPS é importante definir a delimitação, de forma a criar uma área de atuação do trabalho (RITTHOF *et al.*, 2002).

Crítérios de corte devem ser considerados, de tal forma que nenhum recurso essencial seja desconsiderado. Faz-se necessário documentar as fronteiras do sistema e fazer comparações uniformes, sendo estas com mesma profundidade de investigação (RITTHOF *et al.*, 2002).

De acordo com Ritthof *et al.* (2002) o cálculo do MIPS deve ser feito em sete passos, conforme descritos abaixo e em seguida demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Processo de cálculo do MIPS em sete passos



Fonte: Adaptado de Ritthof *et al.* (2002)

- passo 1: Definir os objetivos, os objetos e a unidade de serviço;

Segundo Ritthof *et al.* (2002), os resultados das comparações podem ser diferentes. Sempre que se comparam dois produtos ou serviços, a resposta deve ser: supondo que sob as circunstâncias e condições XYZ, o processo A é melhor que B, porém mudando as circunstâncias e condições para ABC, o processo B pode ser melhor que A. Assim, é importante que a unidade de serviço seja especificada e explicada.

- passo 2: O ciclo de vida do produto é representado por um fluxo de processo;

A fim de dar uma estrutura para a avaliação, um fluxograma deve ser construído, de modo que todos os processos devem ser representados neste fluxograma. Assim, se pode ter uma imagem global e lacunas na informação podem ser visualizadas (RITTHOF *et al.*, 2002).

- passo 3: Os dados devem ser compilados e uma imagem do processo é guardada;

A coleta de dados é a etapa mais importante do processo e geralmente a mais

demorada. Nem todos os materiais estão disponíveis na tabela do Instituto Wuppertal, então se faz necessário por vezes fazer estimativas e conhecimento especializado de processos semelhantes é fundamental neste passo (RITTHOF *et al.*, 2002).

É importante neste passo se ter várias fontes de informação. Mesmo que os próprios testes estejam disponíveis, informações adicionais, como literatura e referências bibliográficas ou o próprio conhecimento especializado, todos possuem sua utilidade e complementam os testes para se chegar a um valor plausível (RITTHOF *et al.*, 2002).

Nem todas as entradas e saídas precisam ser documentadas, para isso deve-se estabelecer qual é a fronteira do sistema e qual o critério de corte (RITTHOF *et al.*, 2002). É importante estabelecer a fronteira do sistema, pois em algumas situações, o pesquisador quer realizar uma análise dentro dos portões da empresa, mas por exemplo em outras, as análises se estendem aos fornecedores ou clientes. Este limite, portanto deve ser estabelecido em cada estudo realizado.

- passo 4: Neste passo, a entrada de materiais é calculada (na fase de concepção do produto), ligando os dados recolhidos com os fatores de entrada de material, *Material Input* (MI);

Os dados e os resultados compilados no passo 3 foram utilizados para estes cálculos. Em seguida, as respectivas entradas de materiais (em kg) ou intensidades material (por exemplo, em kg/kg ou kg/mj) foram determinadas por meio da Equação 2 (RITTHOF *et al.*, 2002).

- passo 5: A entrada de material é calculada (até a fase de descarte do produto);

Neste passo, além da fase de fabricação previamente contabilizada, as questões de uso e descarte devem ser adicionadas ao cálculo (RITTHOF *et al.*, 2002).

- passo 6: Após a entrada de material por unidade de serviço ter sido

estruturada (da concepção ao descarte do produto) o MIPS pode ser calculado;

A relação com a unidade de serviço é obtido neste passo final do cálculo real. MIPS, ou seja, o consumo de materiais por unidade de serviço foi apurado pela divisão do consumo de materiais pelo número de unidades de atendimento. MIPS tem a unidade [peso de natureza movido/serviço] ou [peso de natureza movido/produto (peso produto)] (RITTHOF *et al.*, 2002).

- passo 7: É realizada uma interpretação dos resultados.

As análises podem ser comparadas por compartimentos, por meio da Equação 3, pela qual cada compartimento é calculado individualmente e uma comparação é feita entre os processos avaliados, de tal forma a observar suas diferenças e estratégias para as melhorias (RITTHOF *et al.*, 2002; VENDRAMETTO *et al.*, 2010).

Outra forma de analisar os dados refere-se a somar as cinco categorias e considerá-las como um indicador global e este valor global podem ser obtidos por meio da Equação 4 (RITTHOF *et al.*, 2002; VENDRAMETTO *et al.*, 2010).

2.4.2 Trabalhos que Utilizaram a Ferramenta MIPS

Pesquisas demonstram que a utilização do MIPS ocorre em duas partes distintas, sendo a primeira quando a usa de forma isolada e a segunda quando a usa de forma conjugada com outras ferramentas de eco-eficiência.

Na primeira parte, em relação aos autores que fizeram o uso da ferramenta MIPS de forma isolada, destacam-se quatro trabalhos, em que segundo Vendrametto *et al.* (2010), o método desenvolvido pelo Instituto Wuppertal avalia os distúrbios ambientais associado à extração de recursos naturais do meio ambiente e proporciona ao seu usuário uma visão quantitativa do impacto ambiental causados pelos processos avaliados.

Segundo Oliveira Neto *et al.* (2012), a necessidade de identificar o fluxo de material e quantificá-lo, é fundamental para uma análise de impacto ambiental apropriada e assertiva, deixando de fazer somente análises qualitativas, mas também

quantitativas, o que proporciona benefícios tangíveis aos processos.

De acordo com Oliveira Neto *et al.* (2010), para determinar a intensidade de material, é necessário que o cálculo seja realizado em todos os cinco compartimentos, com isso se tem um indicador ambiental valioso que pode ser utilizado para melhoria contínua dos processos avaliados.

Segundo Taeko e Takayuki, (2005), o MIPS refere-se à intensidade material por quantidade unitária de serviço ao longo de todo o ciclo de vida de um produto e representa um importante indicador de impacto ambiental.

A segunda parte da literatura sobre o MIPS demonstrou que a ferramenta foi utilizada de forma conjugada com outros indicadores, destacando-se seis trabalhos, o que evidencia desta maneira que se trata de uma ferramenta multiuso, na qual se pode associá-la a outras para que se obtenham melhores resultados.

De acordo com Giannetti *et al.* (2008), que utilizam o MIPS associado à Emergia (*Emergy Accounting*), nesta o MIPS pode avaliar o dano ambiental associado com a extração ou desvio de recursos de suas vias ecossistêmicas naturais e a Emergia, avalia recursos e serviços em ambos os sistemas, ecológicos e econômicos, em uma base energética comum.

De acordo com Spinelli *et al.* (2013), além do MIPS, utilizaram-se de mais três indicadores, Energia (*Embodied Energy Analysis*), Emergia e ACV, pelo qual afirmam que é possível obter resultados mais amigáveis quando se faz uso dos indicadores de forma conjugada.

Em um estudo mais complexo, segundo Franzese *et al.* (2013), utilizaram seis indicadores além do MIPS, sendo eles: Emergia, Energia, ACV, Pegada Ecológica, da Água e do Carbono, em que um quadro de avaliação multi-critérios foi desenvolvido neste estudo e forneceu informações úteis sobre as interações e uso adequado de capital natural, recursos humanos e os serviços dos ecossistemas que suportam a gestão dos sistemas agrícolas na bacia do rio Toledo (Brasil).

Segundo Cavalett e Ortega (2010), que utilizaram Energia e Emergia, além do MIPS, conseguiram apresentar resultados que não convergem com outros autores, uma vez que apesar do biodiesel extraído da soja, reduzir o CO₂ e emissões, o mesmo não é viável quando comparado ao esforço necessário para tal.

De acordo com Monaco e Di Matteo (2011), que associaram ao MIPS, o ACV, Energia, Exergia e Emergia, explicaram que mesmo aplicado em um protótipo, os indicadores conjugados possuem fundamental importância para estabelecer os

estágios finais de desenvolvimento de um modelo quase pronto para ser lançado ao mercado.

Segundo Federici *et al.* (2008), que utilizaram no seu estudo MIPS, Energia, Exergia e Emergia, na qual conseguiram provar por meio dos resultados alcançados que o transporte por ônibus é mais eficiente que trens de alta velocidade, quebrando desta forma alguns paradigmas.

Nos dez trabalhos avaliados nesta revisão da literatura, verificou-se a aplicação do MIPS associado a P+L em quatro deles (GIANNETTI *et al.*, 2008; VENDRAMETTO *et al.*, 2010; OLIVEIRA NETO *et al.*, 2010; OLIVEIRA NETO *et al.*, 2012). Trabalhos que utilizaram o ACV associado ao MIPS foram três (TAEKO e TAKAYUKI, 2005; MONACO e DI MATTEO, 2011; SPINELLI *et al.*, 2013), assim como da mesma forma, três trabalhos utilizaram múltiplas ferramentas (FEDERICI *et al.*, 2008; CVALETT e ORTEGA, 2010; FRANZESE *et al.*, 2013).

A realização desta revisão da literatura permitiu identificar lacunas que fortalecem as razões da importância deste trabalho. Investigações mais profundas são necessárias e análises comparativas precisam ser concluídas (GOVINDAN *et al.*, 2015).

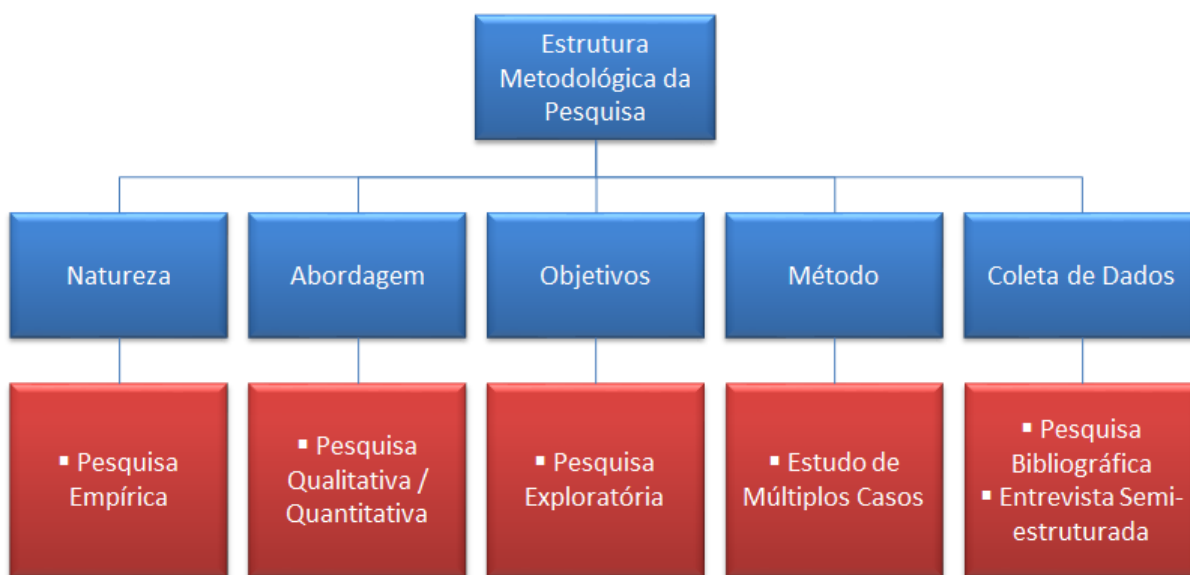
Pesquisas futuras devem investigar múltiplas dimensões simultaneamente e também pesquisas empíricas são necessárias para o maior aprofundamento destes constructos (IGARASHI *et al.*, 2013).

Também foi evidenciada a ausência de trabalhos envolvendo *dual sourcing* e avaliação ambiental de fornecedores, além do uso do MIPS em *dual sourcing*, demonstrando assim, ser uma área ainda pouco explorada por pesquisadores.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo do trabalho apresenta a metodologia que foi utilizada para a realização desta pesquisa, a Figura 2 demonstra a estrutura metodológica utilizada pelo autor.

Figura 2 - Estrutura Metodológica da Pesquisa



Fonte: Autor

A presente pesquisa é classificada como aplicada ou empírica, devido ter sido realizada em duas empresas do ramo automotivo e ambas fornecem o mesmo produto (*dual sourcing*) para um sistemista fornecedor de motores a diesel.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa aplicada, de campo ou empírica, é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimento acerca de um determinado problema para qual se busca uma resposta.

A pesquisa aplicada apresenta muita concordância com a pesquisa pura, pois depende dos resultados de suas descobertas e avançam o conhecimento teórico com o seu desenvolvimento (GIL, 2010).

No que diz respeito à abordagem, a presente pesquisa é classificada como combinada, ou seja, qualitativa e quantitativa. O benefício de se combinar uma pesquisa em qualitativa e quantitativa, proporciona vantagens que compensam os pontos fracos de cada uma, provê evidências mais abrangentes sobre o estudo, ajuda

a responder questões que não podem ser respondidas por uma das abordagens isoladamente (CRESWELL, 2009).

Para atender aos objetivos desta pesquisa, este estudo foi conduzido por meio de pesquisa exploratória, uma vez que se pretende explorar uma área que pouco se conhece, neste caso específico a avaliação ambiental em um processo de *dual sourcing*, considerados em menor escala viabilizando assim uma pesquisa futura mais ampla.

Quanto aos métodos utilizados nesta pesquisa, é utilizado o estudo de caso, pois de acordo com Nakano (2012) o estudo de caso é uma análise aprofundada de um ou mais casos, com o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados e com interação entre o pesquisador e o objeto de pesquisa.

O estudo de caso possui caráter empírico e tem como finalidade investigar um determinado fenômeno que ocorre, entretanto que não esteja claramente definido, possibilitando que novas teorias sejam desenvolvidas, com base nas evidências observadas (YIN, 2010).

Um estudo de caso pode e deve ser selecionado de forma mais apropriada a conveniência daquele que pesquisa. Com isso, uma comparação entre a teoria levantada na literatura e a prática pode ser estabelecida (GIL, 2010; CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2010).

O estudo de caso com os dois fornecedores (Empresa B e C) foi realizado por meio de entrevistas com os profissionais de ambas as empresas por telefone e presencial, de acordo com a disponibilidade de cada um. Desta forma, foi possível estabelecer boa interação entre as partes.

De acordo com Nakano (2012), um estudo de caso realizado por meio de entrevistas, permite uma maior interação entre as partes, incluindo observação pessoal, conversas informais e reuniões com os entrevistados.

Para Marconi e Lakatos (2010), a entrevista é um instrumento de trabalho fundamental para muitos campos do conhecimento e sua finalidade principal é obter informações do entrevistado sobre determinado problema que está sendo explorado.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para o melhor entendimento da metodologia empregada neste trabalho, a sua estrutura foi dividida em etapas e desta forma foi construído um passo a passo, que

auxiliou na organização das ideias e na evolução dos achados, como segue:

3.1.1 Etapa 1 - Seleção das empresas para o estudo de caso

Para que os objetivos desta pesquisa fossem atendidos, nesta primeira etapa, foi preciso realizar a seleção das empresas que tivessem as seguintes características:

- i. Empresa A: Ser um sistemista fornecedor para OEM's, empresa de grande porte;
- ii. Empresa B: Ser fornecedora para sistemista em algum processo de *dual sourcing*, empresa de grande porte, ter fácil acesso à informação;
- iii. Empresa C: Ser fornecedora para sistemista no mesmo processo *dual sourcing* que a empresa B, empresa de pequeno ou médio porte, ter fácil acesso à informação.

Estas características foram essenciais para atingir os resultados que se esperava, uma vez que o estudo foi aplicado em um processo de *dual sourcing* vigente e o objetivo foi entender o comportamento de dois fornecedores. Tais fornecedores, um de grande porte e outro não, um com uma quantidade maior de recursos financeiros e humanos e outro nem tanto, a fim identificar estas diferenças e quantificá-las.

3.1.2 Etapa 2 - Seleção dos produtos para o estudo de caso

Nesta etapa, foram avaliadas as possibilidades de produtos que já funcionavam em regime de *dual sourcing*, compradas pela empresa A, então duas polias foram escolhidas para que fosse realizado o estudo de caso. Sendo assim, dois estudos de caso foram realizados nesta pesquisa.

3.1.3 Etapa 3 - Coleta dos dados

Como técnica de coleta de dados do estudo de caso, foi empregado o uso da

observação participante e entrevistas semiestruturadas, que por meio de planilhas previamente preparadas, a coleta de dados foi realizada. Algumas informações foram obtidas diretamente do processo no chão de fábrica e outras obtidas por meio de documentos, tais como: planilhas de custos, folha de processos, dados do fabricante dos equipamentos entre outros.

A observação participante permite ao pesquisador utilizar os sentidos para obtenção de aspectos da realidade analisada (MARCONI e LAKATOS, 2010) e é um instrumento mais comum da pesquisa qualitativa e que melhor apresentam suas características (BOGDAN e BIKLEN, 1992).

A entrevista semiestruturada possibilita ao autor elaborar um roteiro de perguntas que pode ser ajustado conforme o seguimento das entrevistas, cujo objetivo é complementar as questões não devidamente elucidadas na observação (MARCONI e LAKATOS, 2010).

Para a escolha dos casos a serem considerados em um estudo, Yin (2010) apresenta duas estratégias de avaliação: (1) a “replicação literal”, que admite resultados similares para os diversos casos estudados. Assim, seria suficiente realizar o estudo com dois ou três casos; e (2) a “replicação teórica”, que assume resultados contrários, mesmo antes da realização do estudo. Assim, mais de quatro casos deverão ser considerados.

O estudo empírico que foi desenvolvido neste trabalho investigou dois casos de fornecimento com *dual sourcing*, para dois fornecedores previamente homologados. Embora possam haver alguma diferença entre as empresas nessa atuação, a fundamentação teórica examinada na estratégia (1), permite esperar que resultados contrários não fossem obtidos no estudo. Por essa razão, a pesquisa que foi desenvolvida se utilizou da estratégia de replicação literal conforme proposta por Yin (2010).

De acordo com Patton (1990, p.169), existe a necessidade de utilização de casos que sejam “amostras com conteúdo”, isto significa escolher casos em que o pesquisador possa extrair grande quantidade de informações pertinentes sobre os problemas de importância central para a pesquisa que se desenvolve.

Bryman (1989), entretanto, sugere que um dos principais problemas enfrentados pelos pesquisadores, são os acessos às informações. E, mesmo quando se obtém este acesso, há de se considerar as restrições normais das pessoas em contribuir de maneira franca com o estudo. Por este motivo, o fácil acesso às

informações das duas empresas que foram selecionadas, foi também um critério fundamental para a escolha das mesmas.

3.1.4 Etapa 4 - Critério atual para avaliação de fornecedores

Nesta etapa, foi realizada uma análise nos procedimentos e na base de dados da empresa A, como o objetivo de verificar como é feita a avaliação de seus fornecedores.

Verificando a base de dados da empresa A, observou-se que ela utiliza os critérios estabelecidos na literatura, inclusive adotando níveis estratégicos e operacionais em seu critério de avaliação de fornecedores. Entretanto, verificou-se que diferente da literatura, a empresa A, adota no nível estratégico um critério chamado de certificações, que avalia o fornecedor de acordo com seu nível de certificação (ISO TS16949, ISO 14000, entre outros), este assunto será explorado com mais profundidade mais adiante.

É importante salientar que esta pesquisa utilizou o critério adotado pela empresa A, como condição “*sine qua non*” para o desenvolvimento do trabalho. Portanto na condição atual de avaliação de fornecedores, utiliza o critério certificações.

3.1.5 Etapa 5 - Novo critério para avaliação de fornecedores

Nesta etapa, com base nos dados fornecidos pela empresa A, coletados na etapa 4, foi definido pelo autor um novo critério para a avaliação da cadeia de fornecimento, adicionando ao critério atual o requisito ambiental. Nesta etapa os valores que antes eram distribuídos em quatro categorias sendo, 25% para cada uma, foram redistribuídos de forma proporcional, porém desta vez, com 20% para cada categoria.

3.1.6 Etapa 6 - Fluxograma e mapa de processos dos fornecedores

Nesta etapa, foi realizado o mapeamento e elaborado um fluxograma de processo dos dois fornecedores envolvidos no estudo (empresa B e C). Conforme apontado por Ritthof *et al.*, (2002), foram determinadas as fronteiras de atuação do

sistema para que as comparações fossem uniformes.

3.1.7 Etapa 7 - Fluxograma do processo referência

Nesta etapa, foi determinado um processo referência, utilizando a experiência do autor em processos de manufatura, além da experiência de cinco empresas com processos similares, pelas quais seus gestores foram entrevistados.

Esta fase da pesquisa é importante, pois a determinação do processo referência impacta diretamente no resultado ambiental do fornecedor. Sendo assim, para que o processo referência tivesse uma definição embasada em profissionais experimentados no assunto, cinco empresas do mesmo ramo de atividade participaram do processo de entrevista.

A Empresa 1, localizada na região de Caxias do Sul-RS, é líder nacional na produção de sistemas de suspensões, eixos, vigas, cubos, tambores de freios e suportes para veículos comerciais. Fornece para as principais montadoras de caminhões, ônibus e implementos rodoviários que atuam no Brasil. Foi escolhido para a entrevista o atual Gerente de Qualidade da empresa, profissional com mais de 15 anos de experiência em processos de usinagem, que passou também antes de estar na Qualidade, pela Logística e Produção, e foi possível extrair muitas informações sobre a determinação do processo de referência, com destaque à questão do reuso de matéria prima em sistemas de ecologia industrial.

A Empresa 2, localizada na zona norte da cidade de São Paulo-SP, é uma metalúrgica que há quase cinquenta anos produz usinados de precisão. Fornece para as principais montadoras de automóveis, caminhões e ônibus do Brasil. Como respondente, foi escolhido o atual Gerente de Engenharia da empresa, profissional com mais de 20 anos de experiência em desenvolvimento e produção de usinados de precisão; antes de atuar na Engenharia, passou pela Qualidade e Produção. Grandes contribuições foram fornecidas por este profissional, entretanto a de maior importância considero a questão de aquisição de máquinas e sistemas eficientes que reduzem tanto o consumo de energia elétrica quanto o consumo de insumos para usinagem, tais como: ferramentas, óleos refrigerantes etc.

A Empresa 3, localizada na região de Santana de Parnaíba-SP, é uma empresa familiar de quase cinquenta anos de existência, especializada em sistemas de transmissão. Fornece componentes de transmissão para montadoras de veículos

pesados, leves, motocicletas e equipamentos agrícolas e de construção civil. Para responder a pesquisa foi escolhido o atual Gerente de Engenharia da empresa, profissional que passou por grandes empresas multinacionais especialistas em transmissões, possui mais de 20 anos de experiência em sistemas de usinagem de engrenagens, utilizando principalmente o sistema de manufatura enxuta como base para desenvolvimento dos seus processos. Quanto às contribuições fornecidas por este profissional, destaco a questão de se ter o processo o mais enxuto possível, utilizando-se de recursos, tais como: desenvolvimento de células de usinagem em “U”, *one piece flow*, redução de estoques etc.

A Empresa 4, localizada na região de Quatro Barras-PR, é uma empresa familiar com alta tecnologia embarcada e fabricante de Bombas d’água, bombas do óleo, carcaças e peças fundidas em alumínio ou ferro. Fornece para as linhas leve, pesada e agrícola no mercado brasileiro e global. Para responder a pesquisa foi escolhido o atual Diretor de Operações da empresa, profissional com mais de 15 anos de experiência e fundador da empresa em questão, com experiência internacional e pioneirismo na tecnologia e desenvolvimento de bombas. As principais contribuições fornecidas pelo profissional foram às questões do reuso de matéria prima dentro de processos interligados, em que o resíduo de um processo torna-se insumo de outro, manufatura enxuta, máquinas e sistemas mais eficientes etc.

A Empresa 5, localizada na região de Joinville-SC, é uma empresa multinacional alemã fabricante de filtros de óleo e combustível. Fornece para as principais montadoras de leves e pesados, além de suprir o mercado de reposição brasileiro com elementos filtrantes para praticamente todos os motores correntes. Para responder a pesquisa foi escolhido o atual Gerente de Qualidade da empresa, que anteriormente passou pela Qualidade, Compras e Produção, profissional com mais de 20 anos de experiência nacional e internacional em sistemas de usinagem e fundição. As principais contribuições deste profissional foram sobre questões relacionadas ao reuso de matéria prima em sistemas interligados, logística inteligente etc.

Com as informações absorvidas das entrevistas realizadas nestas cinco empresas, foi elaborado então um fluxograma de processo considerado como referência. Igualmente realizado na etapa 6, os mesmos critérios para determinação das fronteiras do sistema foram estabelecidos.

Para a determinação do processo referência, foram estabelecidos alguns

pontos considerados pelos profissionais entrevistados, como fundamentais para o delineamento deste processo, como segue:

i. Processo de Fundição

- a. Caso a fundição não seja realizada na própria planta do fornecedor, um acordo de cooperação deve ser definido para o reuso dos resíduos de usinagem, pois conforme apontado por Despeisse *et al.* (2012), o ideal é que resíduos de um processo seja insumo para outro;
- b. O processo de fundição independente da sua localização (interna ou externa) seja auditado e aprovado pela ISO 14000.

ii. Processo de Usinagem

- a. O processo de usinagem como um todo deve ser realizado com os melhores recursos tecnológicos disponíveis, com isso um melhor aproveitamento de energia elétrica, mínima perda de líquido refrigerante e retenção adequada dos resíduos gerados, devem ser observados criticamente;
- b. Processo deve ser o mais enxuto possível, utilizando-se de ferramentas de *lean* e *clean manufacturing*.

iii. Logística

- a. Assim como realizado no processo de usinagem, a logística também deve ser enxuta, minimizando rotas de movimentação interna que utilizem a queima de combustíveis fósseis, como por exemplo, o uso de empilhadeiras e buscando alternativas mais ecológicas;
- b. Quanto aos fretes externos à planta, as rotas devem ser otimizadas a tal ponto de ser o mais eficiente possível.

Destaca-se que não foi fácil estabelecer um processo “referência”, entretanto com a metodologia empregada, no que diz respeito à entrevista com os cinco gestores, com o objetivo de traçar um processo considerado como referência eliminou as dúvidas quanto à confiabilidade dos dados obtidos e a possibilidade de replicação do estudo.

3.1.8 Etapa 8 - Determinação do MIC e MIT do processo dos fornecedores

Nesta etapa, com o fluxograma de processo definido e os materiais contabilizados, foram determinados os valores do MIC, conforme Equação 3 e os valores do MIT, conforme Equação 4, para os dois fornecedores em dois estudos de caso, sendo o caso 1 (polia menor) e caso 2 (polia maior).

3.1.9 Etapa 9 - Determinação do MIC e MIT do processo Referência

Nesta etapa, da mesma forma realizada na etapa 8, os valores de MIC e MIT, foram estabelecidos para o processo referência. Assim foi possível estabelecer parâmetros para uma correlação entre os processos.

3.1.10 Etapa 10 - Determinação da nota ambiental

Nesta etapa, foi possível por meio da Equação 8, determinar a nota Ambiental para os dois fornecedores e verificar qual dos dois foi mais eco-eficiente.

3.1.11 Etapa 11 - Determinação da nota global

Nesta etapa, a nota Global foi estabelecida com o preenchimento das informações extraídas da base de dados da empresa A, assim a nota Global pode ser visualizada e utilizada para análises finais.

3.1.12 Etapa 12 - Análise dos dados

Nesta etapa, foi realizada uma análise dos dados com base nas percepções sobre a avaliação ambiental em um processo de *dual sourcing*, nos dois casos apresentados, que possibilitou visualizar as respostas obtidas por meio da coleta de dados realizada, que por sua vez, geraram as devidas contribuições para analisar a proposição P1. Foi realizada uma análise intracaso e em seguida uma análise intercaso.

Uma análise intracaso, por meio de uma simples descrição de cada resposta busca o relato detalhado dos casos avaliados (EISENHARDT, 1989). Já uma análise intercasos, busca obter respostas e conclusões similares (YIN, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo foram apresentados os resultados obtidos na pesquisa exploratória, em que dois casos foram avaliados e corroboraram para a proposição definida nesta pesquisa.

Os resultados apresentados seguiram as etapas que foram determinadas na metodologia, e assim, possibilitaram um melhor entendimento do estudo realizado. No final, foram realizadas algumas discussões que permitiram uma cooperação entre a teoria e a prática.

4.1 SELEÇÃO DAS EMPRESAS PARA O ESTUDO DE CASO (ETAPA 1)

A empresa A, fabricante independente de motores diesel, conta com plantas em São Paulo (SP), Canoas (RS) e Jesus Maria, em Córdoba na Argentina. Com 62 anos de atuação, a companhia, multinacional americana, atua em mercados diversos como Estados Unidos, Turquia, China, Coréia e México. Os produtos da empresa atendem aos segmentos veicular, agrícola, industrial, geração de energia e marítimo. A companhia está instalada no MERCOSUL, com 2.000 colaboradores, tem o objetivo de atender aos clientes da região e trabalhar como base para exportação de produtos para o mundo todo. A companhia exporta para mais de 30 países ao redor do mundo.

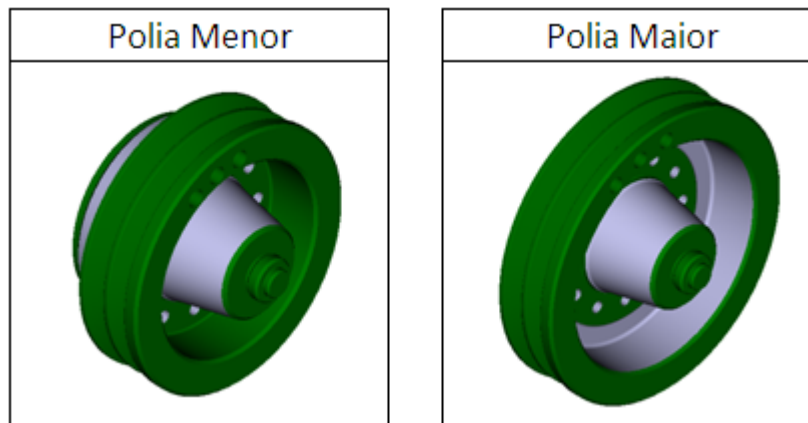
A empresa B, no mercado desde 1950, quando iniciou suas atividades fabricando semi-eixos forjados, ao longo do tempo tornou-se fornecedora de praticamente todas as montadoras de veículos pesados, como caminhões, tratores, implementos agrícolas, e para a indústria de mineração especializada. Hoje, com mais de 1.800 colaboradores, em instalações de 300.000 m² de terreno e 85.000 m² de área construída, produz forjados e fundidos até 60 Kg, que são fornecidos brutos ou acabados em suas modernas instalações de usinagem e tratamento térmico.

A empresa C, atua no mercado desde 1986, iniciou as atividades usinando componentes automotivos para o mercado de reposição e depois se tornou fornecedora de montadoras de veículos pesados e leves, como caminhões, ônibus, tratores, além de veículos leves, como carro e comerciais leves. Instalada na região de Valinhos, interior de São Paulo, conta com cerca de 200 colaboradores.

4.2 SELEÇÃO DOS PRODUTOS PARA O ESTUDO DE CASO (ETAPA 2)

Para a realização deste trabalho foram selecionados dois casos de *dual sourcing*, aplicados pela empresa A, que se utiliza das empresas B e C para o fornecimento destas peças. Tratam-se de duas polias, chamadas de polia menor (com diâmetro externo de 180mm) que se considerou como estudo de caso 1 e polia maior (com diâmetro externo de 220mm), como estudo de caso 2, conforme apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Polias Utilizadas na Pesquisa



Fonte: Adaptado da Empresa A

Estas duas polias são fornecidas pelas empresas B e C para a empresa A, com o volume de entrega dividido em 50% para cada uma delas. O processo de *dual sourcing* foi implantado para estes dois componentes, devido a empresa C ter apresentado por várias vezes atraso no fornecimento e, conseqüentemente, alto risco de desabastecimento da linha, assim foi necessário a implantação de *dual sourcing*.

As duas polias são fabricadas em ferro fundido cinzento e são aplicadas em 100% dos motores fabricados, sendo a polia menor para aplicações em motores 4 cilindros e a polia maior para aplicações em motores de 6 cilindros. Estas duas peças têm uma função importante no motor, pois são as responsáveis em transmitir por meio de correias a força gerada no virabrequim para outros componentes.

As empresas B e C, utilizam o mesmo processo produtivo para produzir as duas polias, ou seja, apesar de cada uma das empresas possuírem suas particularidades quanto ao processo de fabricação, tanto uma quanto a outra, necessitam fazer um simples ajuste de máquina para mudar a fabricação da polia menor para a maior.

Como os fornecedores B e C utilizam o mesmo processo produtivo para fabricar as duas polias, isso facilitou o processo de análise dos dados, uma vez que o mapeamento e fluxograma de processo são comuns para os dois componentes.

4.3 COLETA DE DADOS (ETAPA 3)

Nesta etapa, dados importantes do processo de ambos os fornecedores foram organizados em uma planilha, a fim de permitir uma melhor visualização dos dados, com isso facilitou as análises dos estudos de caso nas seções seguintes, pois um comparativo de fácil visualização foi estabelecido.

A Tabela 2 apresenta os aspectos gerais das empresas B e C, coletados durante a entrevista realizada pelo autor, permitindo assim ter informações que foram utilizadas durante os cálculos dos impactos ambientais causados pelos processos estudados.

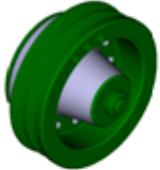
Tabela 2 - Aspectos Gerais das Empresas B e C

Detalhamento dos Processos	Empresa B	Empresa C
➤ Processo de Fundição		
• Empresa possui processo de fundição própria?	Sim	Não
• Qual processo de fundição utilizado? (gravidade, a vácuo ou a baixa pressão)	Gravidade	Gravidade
• Qual o índice de rejeição no processo de fundição?	3,80%	4,20%
• Como é realizado o teste de sanidade? (Destrutivo/Raio X)	Destrutivo	Destrutivo
➤ Processo de Usinagem		
• Empresa possui processo de usinagem próprio?	Sim	Sim
• Qual produto utilizado como líquido refrigerante? (Fabricante/Modelo)	Fuchs/Ecocool	Castrol/Alusol
• Qual a forma de processamento do cavaco gerado? (Manual/Automático)	Automático	Manual
↳ Possui processo de separação e secagem do cavaco?	Sim	Não
↳ O cavaco é reutilizado no processo de fundição?	Sim	Não
• Qual equipamento utilizado na usinagem? (Fabricante/Modelo)	Index/MS	Romi/Centur
• Qual tipo de ferramenta utilizado na usinagem:		
↳ Usinagem das faces	Metal Duro	Metal Duro
↳ Usinagem da rosca	Metal Duro	Metal Duro
↳ Usinagem dos furos	Metal Duro	Metal Duro
↳ Usinagem dos canais	Metal Duro	Metal Duro
➤ Aspectos Gerais		
• Empresa possui certificação ISO 14000?	Sim	Sim
• Empresa aplica de forma consistente o programa 5S?	Sim	Não
• Empresa possui controle rígido de substâncias químicas? (FISPQ)	Sim	Sim
• Qual é o porte da empresa? (pequena, média ou grande)	grande	pequena

Fonte: Dados coletados pelo Autor

A Tabela 3 apresenta os dados específicos da polia menor, componente utilizado no estudo de caso 1, pelo qual foram coletados dados importantes e que por sua vez, foram utilizados para os cálculos dos impactos ambientais causados pelos processos dos fornecedores.

Tabela 3 - Dados Específicos Polia Menor

POLIA MENOR - ESTUDO DE CASO 1		
	Dimensões Gerais Diâmetro externo: Ø180 mm Comprimento: 117 mm Material: FoFo (Cinzento) Balanceamento: 100 gmm	
	Informações Básicas	
Peso Peça Bruta "A" (em Kg)	5,876	6,034
Peso Peça Usinada "B" (em Kg)	5,772	5,772
Eficiência de Uso de MP (B/A) %	98,2%	95,7%
Volume de Produção (anual)	13000	13000
Materia prima desperdiçada (em Kg)	0,104	0,262
Volume de Produção (%)	50%	50%

Fonte: Dados coletados pelo Autor

Tabela 4 - Dados Específicos Polia Maior

POLIA MAIOR - ESTUDO DE CASO 2		
	Dimensões Gerais Diâmetro externo: Ø220 mm Comprimento: 117 mm Material: FoFo (Cinzento) Balanceamento: 100 gmm	
	Informações Básicas	
Peso Peça Bruta "A" (em Kg)	7,574	7,632
Peso Peça Usinada "B" (em Kg)	7,389	7,389
Eficiência de Uso de MP (B/A) %	97,6%	96,8%
Volume de Produção (anual)	7000	7000
Materia prima desperdiçada (em Kg)	0,185	0,243
Volume de Produção (%)	50%	50%

Fonte: Dados coletados pelo Autor

A Tabela 4, apresenta os dados específicos da polia maior, peça utilizada no estudo de caso 2. A partir das informações coletadas das empresas B e C, as próximas etapas puderam ser definidas e foram descritas nas seções seguintes.

4.4 CRITÉRIO ATUAL PARA AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES (ETAPA 4)

Para medir o desempenho dos fornecedores, a empresa A utiliza um sistema chamado, Sistema de Avaliação Global do Fornecedor (SAGF), com uma frequência mensal. O SAGF é um sistema de medição de desempenho que avalia os fornecedores sob os aspectos Estratégicos e Operacionais. Os indicadores Estratégicos demonstram os aspectos sistêmicos do fornecedor e suas práticas, enquanto os operacionais refletem os resultados dessas práticas em seu desempenho no dia-a-dia e seus impactos na atividade da empresa.

Indicadores específicos das áreas de qualidade, logística, além de avaliações das práticas comerciais, logísticas, de processos produtivos e dos sistemas de qualidade do fornecedor são integralizados, resultando em uma nota global consolidada para cada fornecedor. Esta nota é chamada de Indicador Global e representa a satisfação da empresa com o desempenho do fornecedor.

As áreas de logística e qualidade contribuem individualmente com vinte e cinco por cento sobre a nota global do fornecedor no âmbito tático. Já os outros cinquenta por cento são atribuídos de forma estratégica por compras mediante as notas atribuídas as certificações de qualidade, de processos produtivos, práticas logísticas e comerciais do fornecedor. Essa estrutura busca enfatizar o equilíbrio que o fornecedor deve manter em seu desempenho durante o fornecimento e na busca das melhores práticas.

O Indicador Global atual avalia os fornecedores com notas que vão de 0 (zero) a 10 (dez). Esta pontuação é a ponderação de quatro categorias de avaliação, Certificações (25%), Compras (25%), Logística (25%) e Qualidade (25%) e seus respectivos valores foram extraídos do banco de dados da empresa A.

No critério atual, conforme apresentado na Tabela 5, as avaliações focaram-se em dois grupos (Estratégico) que detêm 50% da nota global e (Operacional) que detêm os outros 50%. A estratégia de distribuição das notas e seus respectivos pesos estão descritos a seguir, de forma a compreender como é o funcionamento da avaliação do fornecedor feito pela empresa A.

Tabela 5 - Critério Atual para Avaliação de Fornecedor

Grupo	Categoria	Peso	Indicador
Estratégicos	Certificações 25%	10%	Certificados
		15%	Avaliação VDA
	Compras 25%	25%	Avaliação Comercial
Operacionais	Logística 25%	8%	Parada de Linha
		5%	Violação Mínimo/Máximo
		3%	Embalagem
		3%	Etiqueta
		3%	MRP Informações
		3%	Transporte
	Qualidade 25%	18%	Desempenho Qualidade
		4%	8D
		3%	Melhoria Contínua

Fonte: Adaptação dos dados fornecidos pela empresa A

4.4.1 Grupo Estratégico

No grupo Estratégico, que detém 50% da nota global, duas categorias foram avaliadas, Certificações e Compras. A categoria Certificações foi avaliada por meio de dois indicadores, Certificados e Avaliação VDA. A categoria Compras avaliada por meio do Indicador de Avaliação Comercial.

4.4.1.1 Certificações

Nesta categoria foram utilizados os indicadores Certificados (que corresponde a 10% da nota global) e Avaliação VDA (que corresponde a 15% da nota global), totalizando os 25% destinados para a categoria Certificações.

- Grupo Estratégico (50%)
 - Certificações (25%)

- Certificados (10%)

O fornecedor recebe uma nota de acordo com o nível de certificação que possui. Conforme mostrado na Tabela 6.

- Avaliação de VDA (15%)

É a nota obtida pelo fornecedor nas auditorias de processo realizadas pelo SQE (*Supplier Quality Engineer*) da empresa A. Conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 6 - Pontuação para Certificação

Critério	Nota
Certificação ISO TS 16949 + ISO 14001 + OHSAS 18001	10,0
Certificação ISO TS 16949 + ISO 14001	9,0
Certificação ISO TS 16949	8,0
Certificação ISO 9001 + ISO 14001	7,0
Certificação ISO 9001	6,0
Aprovação pelo Cliente	5,0
Plano de Ação para Certificação, somente	3,0
Nenhuma Certificação	zero

Fonte: Adaptação dos dados fornecidos pela empresa A

Para o indicador Certificados, foram considerados os critérios estabelecidos na Tabela 6 e neste indicador as certificações apresentadas pelo fornecedor, somente foram considerados as que possuíam seus prazos em vigor na data de avaliação. Neste quesito quanto mais certificações o fornecedor possui, mais pontuação ele adquire, com isso ocorre um estímulo para que o fornecedor seja certificado ao menos, nas mais importantes certificações de qualidade, ambientais e de segurança.

Tabela 7 - Avaliação de VDA

Classificação	Nota
A	10,0
B	7,0
C	5,0
Sem Classificação	zero

Fonte: Adaptação dos dados fornecidos pela empresa A

Para o indicador de Avaliação de VDA, foi realizada uma auditoria de processo completa no fornecedor e então o mesmo recebe uma classificação, conforme apresentado na Tabela 7, e desta forma é dada uma nota correspondente à classificação alcançada.

4.4.1.2 Compras

Nesta categoria foi utilizado um único indicador, o de Avaliação Comercial, pelo qual corresponde a 25% da categoria Compras.

➤ Grupo Estratégico (50%)

○ Compras (25%)

▪ Avaliação Comercial (25%)

É a avaliação do desempenho comercial (competitividade, flexibilidade, resposta, proatividade) do fornecedor, realizada pelo departamento de compras da empresa A.

A categoria Compras foi avaliada por meio de uma avaliação comercial que foi realizada pelo comprador responsável, que por sua vez possui uma frequência anual e/ou quando houver necessidade de reavaliar o desempenho comercial do fornecedor. O comprador avaliou os fornecedores sob os critérios, competitividade, flexibilidade, resposta e proatividade e desta forma aplica ao fornecedor uma nota de 0 (zero) a 10 (dez).

4.4.2 Grupo Operacional

O grupo Operacional, que detêm 50% da nota global, duas categorias foram avaliadas, Logística e Qualidade. A categoria Logística foi avaliada por meio de seis indicadores. A categoria Qualidade foi avaliada por meio de três indicadores.

4.4.2.1 Logística

Na categoria Logística, foram considerados seis indicadores que foram avaliados: Parada de Linha (PL), Violação Mínimo/Máximo (VMM), Embalagem (EB),

Etiqueta (ET), MRP Informações (MRP) e Transporte (TR).

Os critérios para pontuação na categoria Logística, sempre partem de 10 pontos iniciais e seguem decrescendo sempre que o fornecedor comete alguma violação à regra, de acordo com os seguintes critérios:

PL = 10 pontos iniciais – dedução de 2 pontos por violação.

VMM = 10 pontos iniciais – dedução de 1 ponto por violação.

EB = 10 pontos iniciais – dedução de 1 ponto por violação.

ET = 10 pontos iniciais – dedução de 1 ponto por violação.

MRP = 10 pontos iniciais – dedução de 1 ponto por violação.

TR = 10 pontos iniciais – dedução de 10 pontos por violação.

➤ Grupo Operacional (50%)

○ Logística (25%)

▪ Parada de linha - PL (8%)

Mede a quantidade de ocorrências de parada de linha por falta do material, caracterizado como responsabilidade do fornecedor por atraso nas entregas.

▪ Violação Mínimo/Máximo - VMM (5%)

Mede o desempenho do inventário monitorado pelo fornecedor (*Vendor Managed Inventory* - VMI), considerando a programação estabelecida e a adequação nas datas de entrega.

▪ Embalagem - EB (3%)

Avalia a embalagem em que o fornecedor envia seu produto, assim como a integridade e acurácia do mesmo, limitando a embalagens retornáveis ou descartáveis.

▪ Etiqueta - ET (3%)

Avalia a adoção de código de barras padrão pelo fornecedor.

▪ MRP Informações - MRP (3%)

Mede o nível das informações eletrônicas enviadas pelo fornecedor sobre o detalhamento do embarque, avaliando a veracidade das informações e seu grau de correção e adequação.

▪ Transporte - TR (3%)

Mede a utilização do operador logístico de forma correta e sem perda de

embarque pelo fornecedor.

4.4.2.2 Qualidade

Na categoria Qualidade, foram considerados três indicadores: Desempenho Qualidade, Resposta 8D e Melhoria Contínua.

➤ Grupo Operacional (50%)

○ Qualidade (25%)

▪ Desempenho Qualidade - DQ (18%)

Mede a qualidade do lote, considerando detecção no recebimento, processo produtivo e cliente (Falha Montadora e Campo).

▪ Resposta 8D (4%)

Mede a eficiência no atendimento aos prazos de resposta dos Relatórios de Ação Corretiva (8D).

▪ Melhoria Contínua (3%)

Mede a eficiência no atendimento aos prazos de resposta dos Relatórios de Ação Corretiva (8D).

Em relação ao desempenho de qualidade (DQ), o indicador é calculado pela Equação 5:

$$DQ = \left(10 - \left(\left(\frac{PPM}{Limite} \right) \times 3 \right) \right) \quad [5]$$

Onde:

DQ = Desempenho de Qualidade.

PPM = índice de PPM obtido pelo fornecedor no mês.

Limite = PPM máximo aceitável do *commodity* estabelecido pela empresa para o ano, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Limite PPM por *Commodity*

<i>Commodity</i>	Limite PPM	<i>Commodity</i>	Limite PPM	<i>Commodity</i>	Limite PPM
Abraçadeira	699	Filtros	699	Rolamentos / Esferas	10,2
Alternador / Motor de Partida	7,2	Fixação	300	Sinterizados	300
Alumínio Gravidade	9000	Forjados	10,2	Sistema de Arrefecimento	699
Alumínio Pressão	699	Fundido Ferrosos	9000	Sistema de Exaustão	699
Anéis / Camisa / Pistões / Bronzina	300	Juntas	300	Sistema de Injeção	10,2
Bomba Água / Óleo	300	Medidores / Sensores	10,2	Tratamento Térmico	699
Bomba Hidráulica / Vácuo / Tandem	300	Microfundidos	699	Tubos	699
Borracha	300	Módulos / Submontagem	699	Turbos	10,2
Cabos	10,2	Molas	300	Usinados Barra	300
Chicote Elétrico	699	Plásticos	10,2	Usinados Fundido	699
Engrenagens	300	Polias	300	Válvulas	10,2
Estampados	699	Químicos	699	Vela Aquecedora	10,2
Etiquetas	699	Retentor	10,2		

Fonte: Adaptação dos dados fornecidos pela empresa A

Os fornecedores que obtiverem o valor de PPM acima do Limite, estabelecido na Tabela 8, a nota é 0 (zero) no indicador. Fornecedores que obtiverem valor de PPM igual ao Limite têm nota 7 (sete) e vai aumentando até a nota 10 (dez) à medida que o valor de PPM for igual a 0 (zero). O valor do PPM está expresso na Equação 6:

$$PPM = \left(\frac{\text{Peças Não Conformes}}{\text{Total de Peças Fornecidas no Mês}} \right) \times 10^6 \quad [6]$$

Onde:

PPM = índice de PPM obtido pelo fornecedor no mês.

Peças Não Conformes = refere-se à soma das peças devolvidas + peças refugadas + peças substituídas + peças retrabalhadas.

O segundo indicador da categoria Qualidade refere-se ao tempo de resposta de 8D. A ferramenta de qualidade 8D (8 disciplinas) é utilizada pela maioria das grandes multinacionais para tratar problemas de qualidade de forma sistemática. O valor da nota obtida é resultado da Equação 7:

$$8D = \left(\frac{\sum \text{Fases do 8D Cump ridas no Prazo}}{\sum 8D's \text{ com Fases Planejadas no Mês}} \right) \times 10 \quad [7]$$

O último indicador da categoria Qualidade trata da Melhoria Contínua, em que a avaliação acontece em três situações:

Situação 1 = Se o índice do PPM atual com relação ao PPM acumulado dos últimos 12 meses (exceto o mês de avaliação) for menor ou igual a 50%, a nota é 10 (dez).

Situação 2 = Se o índice do PPM atual com relação ao PPM acumulado dos últimos 12 meses (exceto o mês de avaliação) for entre 51% e 100%, a nota é 7 (sete).

Situação 3 = Se o índice do PPM atual com relação ao PPM acumulado dos últimos 12 meses (exceto o mês de avaliação) for maior que 100%, a nota é 0 (zero).

4.5 NOVO CRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES (ETAPA 5)

O novo critério de avaliação do desempenho dos fornecedores utilizou-se da mesma base estrutural, apresentada na Tabela 5, entretanto adicionou-se o requisito Ambiental ao grupo Operacional. Assim, ao invés de contabilizar 25% para cada categoria, a nova proposta é distribuir o peso com 20%, para cada requisito, conforme apresentado na Tabela 9.

Neste novo critério, os dois grupos (Estratégico), que continha 50% da nota global, passou a ter 40% e (Operacional) que continha 50% da nota global, passou a contar com 60%. Com isso o grupo Operacional que era formado por duas categorias, passou a ser representada por três categorias (Logística (20%), Qualidade (20%) e Ambiental (20%). A nova categoria Ambiental pode ser adicionada tanto ao grupo Estratégico quanto Operacional, isso depende da estratégia de cada corporação, assim como a determinação do peso a ser utilizado. Neste caso específico a mesma foi adicionada ao Operacional, com pesos proporcionais e de iguais valores.

A Tabela 9 demonstra a nova estratégia de distribuição das notas e seus respectivos pesos. No grupo Estratégico (40%), duas categorias continuaram iguais ao critério anterior, entretanto com seus pesos redistribuídos, sendo Certificações (20%) medidos pelos indicadores Certificados (8%) e Avaliação VDA (12%). Ainda no grupo Estratégico, a categoria Compras teve seu indicador, Avaliação Comercial reduzido para 20%. Já o grupo Operacional sofreu as maiores mudanças, sendo elas

na categoria Logística (20%), medida pelos indicadores Parada de Linha (7%), Violação Mínimo/Máximo (5%), Embalagem (2%), Etiqueta (2%), MRP Informações (2%) e Transporte (2%). Na categoria Qualidade, os indicadores passaram a ter seus pesos alterados proporcionalmente para: Desempenho Qualidade (13%), Resposta 8D (5%) e Melhoria Contínua (2%). Por fim, uma nova categoria Ambiental foi desenvolvida, na qual utiliza o indicador Impacto Ambiental MIPS (20%).

Tabela 9 - Novo Critério para Avaliação dos Fornecedores

Grupo	Categoria	Peso	Indicador
Estratégicos	Certificações 20%	8%	Certificados
		12%	Avaliação VDA
	Compras 20%	20%	Avaliação Comercial
Operacionais	Logística 20%	7%	Parada de Linha
		5%	Violação Mínimo/Máximo
		2%	Embalagem
		2%	Etiqueta
		2%	MRP Informações
		2%	Transporte
	Qualidade 20%	13%	Desempenho Qualidade
		5%	8D
		2%	Melhoria Contínua
	Ambiental 20%	20%	Impacto Ambiental MIPS

Fonte: Adaptação dos dados fornecidos pela empresa A

Assim como na seção anterior foram detalhados os critérios e fórmulas dos indicadores convencionais, na próxima seção é apresentado como foi estabelecido o critério Ambiental.

4.5.1 Critério Ambiental

Neste trabalho a categoria Ambiental foi avaliada por meio da ferramenta MIPS.

Para tal, estabeleceu-se um processo considerado como “referência” e desta forma as duas empresas foram comparadas em relação a este processo Referência. Para a avaliação deste requisito a Equação 8 foi desenvolvida:

$$NIB = \left(\frac{1}{\left(\frac{MIT(Empresa)}{MIT(Referência)} \right)} \right) \times 10 \quad [8]$$

Onde:

NIB = Nota do Impacto Ambiental.

MIT (Empresa) = Resultado obtido no cálculo do MIPS Total realizado no fornecedor.

MIT (Referência) = Resultado obtido no cálculo do MIPS Total estimado em um processo ideal.

Para estabelecer a nota do fornecedor na categoria ambiental, dois limitantes foram considerados de forma arbitrária:

O primeiro limitante é: $MIT_{(Empresa)} \leq 2 \cdot MIT_{(Referência)} \Rightarrow 5 \leq NIB \leq 10$.

O segundo limitante é: $MIT_{(Empresa)} > 2 \cdot MIT_{(Referência)} \Rightarrow NIB = 0$.

Os valores de intensidade de material (MI) utilizados nesta pesquisa estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores de Intensidade de Material (MI) Utilizados

Descrição	Abiótico	Biótico	Água	Ar	Terra	
					Erosão	Mov.
Óleo Diesel [1]	1,36	0,00	9,70	3,20	0,00	0,00
Gás Natural [2]	1,22	0,00	0,50	3,64	0,00	0,00
Ferro Fundido Cinzento (FoFo) [3]	748,00	0,00	1.286,00	9,50	0,00	0,00
Água [4]	0,01	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00
Óleo Mineral [5]	1,69	0,00	13,88	0,05	0,00	0,00
Trietanolamina [6]	1,69	0,00	13,88	0,05	0,00	0,00
Energia Elétrica [7]	2,67	0,00	37,92	0,64	0,00	0,00
Hidróxido de Sódio [8]	2,76	0,00	90,31	1,06	0,00	0,00
Diethanolamine [9]	1,69	0,00	13,88	0,05	0,00	0,00

[1] Energy and fuels, diesel oil, Germany

[2] Energy and fuels, natural gas, Germany

[3] Metals, ferro molybdenum, World

[4] Water, drinking water, Germany

[5] Chemicals, naphtha, Germany

[6] Chemicals, naphtha, Germany

[7] Energy, fuels and plants [kg/kWh], electricity, electrical power (industrial customer generation), Germany

[8] Chemicals, sodium hydroxid, NaOH, Europe

[9] Chemicals, naphtha, Germany

Fonte: Wuppertal, 2014

➤ Grupo Operacional (60%)

○ Ambiental (20%)

▪ Impacto Ambiental MIPS (20%)

Mede o impacto ambiental causado pelo fornecedor, por meio da ferramenta MIPS, em que o processo do fornecedor é comparado a um "processo Referência".

4.6 FLUXOGRAMA E MAPA DE PROCESSO – FORNECEDORES (ETAPA 6)

O fluxograma é um diagrama utilizado para representar a sequência dos processos, por meio de símbolos gráficos. Os símbolos do fluxograma permitem uma melhor visualização do funcionamento do processo e melhoram também o entendimento do mesmo.

Figura 4 - Fluxograma de Processo Empresa B

FLUXOGRAMA DE PROCESSO				
Organização: Empresa B		Descrição da Peça: Polia em V		
☐ Operação ☒ Operação com Inspeção ☐ Inspeção  Transporte ☐ Demora ☐ Estocagem ☐ Decisão				
Fluxo	Nº Ope.	Descrição da Operação	CE	Máquina/Local
☒	10	Fundir peça		Fundição Interna
	20	Transp. da fundição p/ usinagem		Empilhadeira
☒	40	Tornear 1ª fase		Index/MS
☒	50	Tornear 2ª fase	♦	Index/MS
☒	60	Usinar furos periféricos		Index/MS
☒	80	Balancear peça		Schenck
☐	100	Lavar e secar as peças		Durr
	110	Transportar para Expedição		Empilhadeira
	120	Enviar peça para pintura KTL		Rodoviário/Caminhão
☐	130	Pintar peça		Fornecedor externo
	140	Transportar da pintura p/ planta		Rodoviário/Caminhão
☐	150	Inspeção final		
	160	Embalar e enviar para cliente		Rodoviário/Caminhão

Fonte: Adaptado da Empresa B

Conforme apresentado na Figura 4, observa-se que a empresa B possui um fluxograma composto por treze operações, mais enxuto que a empresa C. As operações 10 e 130 não foram consideradas nos cálculos, por estarem fora dos limites do sistema avaliado. Para a melhor compreensão das informações expressas no fluxograma, as operações similares foram consideradas com o mesmo número de operação para ambos fornecedores.

Uma diferença significativa observada durante as visitas nas empresas foi que, a empresa B possui o processo de fundição dentro da própria planta, ao passo que a empresa C, compra a peça fundida de um subfornecedor na região sul do país.

Figura 5 - Fluxograma de Processo Empresa C

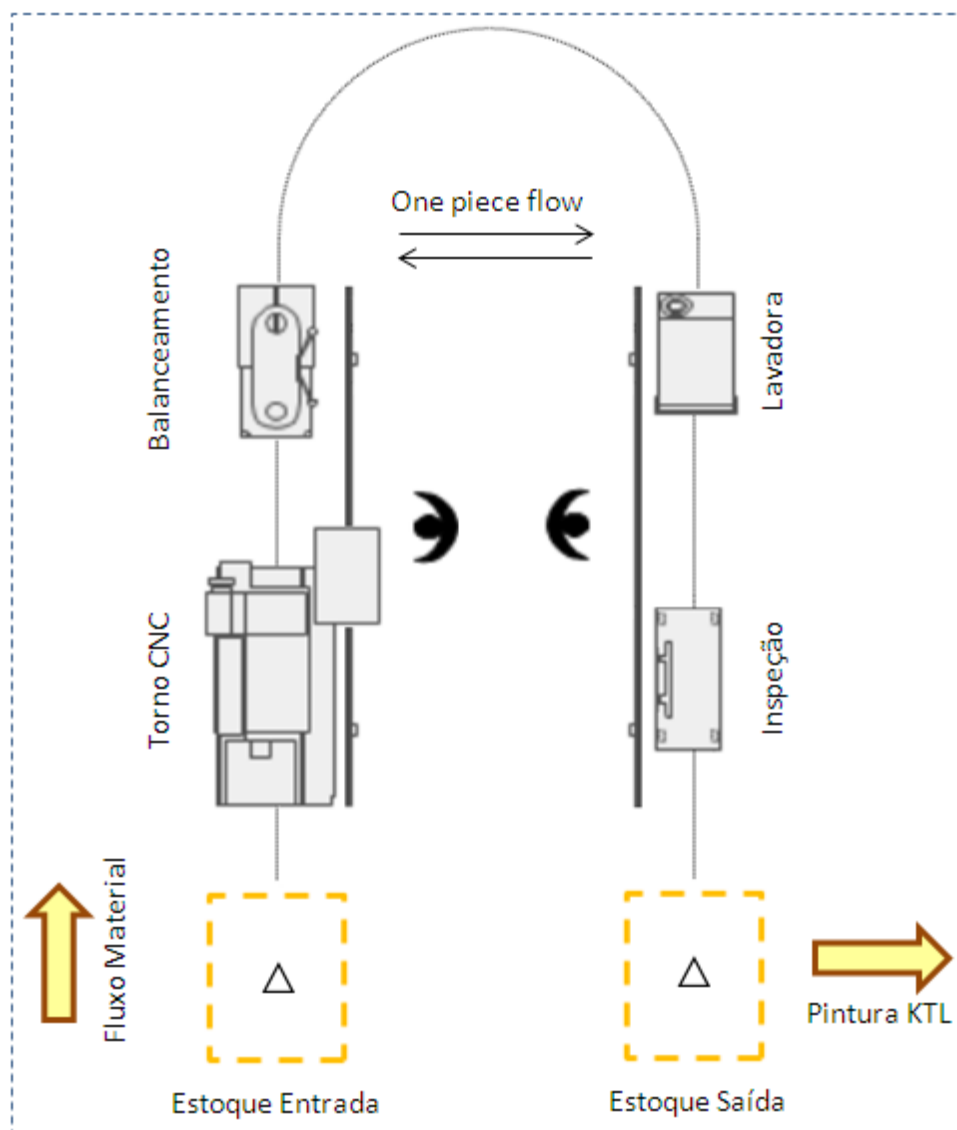
FLUXOGRAMA DE PROCESSO				
Organização:		Descrição da Peça:		
Empresa C		Polia em V		
☐ Operação ☒ Operação com Inspeção ☐ Inspeção  Transporte				
☐ Demora ☐ Estocagem ☐ Decisão				
Fluxo	Nº Ope.	Descrição da Operação	CE	Máquina/Local
☒	10	Fundir peça		Fornecedor externo
	20	Transportar da fundição p/ planta		Rodoviário/Caminhão
	30	Transportar para torneamento		Empilhadeira
☒	40	Tornear 1ª fase		Romi/Centur
☒	50	Tornear 2ª fase	♦	Romi/Centur
☒	60	Usinar furos periféricos		Romi/Centur
	70	Transportar para balanceamento		Empilhadeira
☒	80	Balancear peça		Schenck
	90	Transportar para Lavadora		Empilhadeira
☐	100	Lavar e secar as peças		Magido
	110	Transportar para Expedição		Empilhadeira
	120	Enviar peça para pintura KTL		Rodoviário/Caminhão
☐	130	Pintar peça		Fornecedor externo
	140	Transportar da pintura p/ planta		Rodoviário/Caminhão
☐	150	Inspeção final		
	160	Embarcar e enviar para cliente		Rodoviário/Caminhão

Fonte: Adaptado da Empresa C

Outra diferença foi que, a empresa B possui um sistema automático de coleta e secagem dos cavacos gerados na usinagem e os mesmos são retroalimentados com matéria prima no processo de fundição. A empresa C, não realiza a secagem do cavaco e com isso perde, no preço de venda deste subproduto para empresas que fazem a compra deste material.

Na Figura 5 é possível observar que a empresa C possui três operações a mais que a empresa B, isso em função do uso de empilhadeiras para transporte dos lotes. Foi verificado durante a visita ao processo da empresa C, que uma empilhadeira faz o trabalho de deslocamento dos lotes entre as áreas e desta forma a produção segue com a formação de pequenos lotes até que esta mesma empilhadeira seja acionada.

Figura 6 - Mapeamento do Processo Empresa B



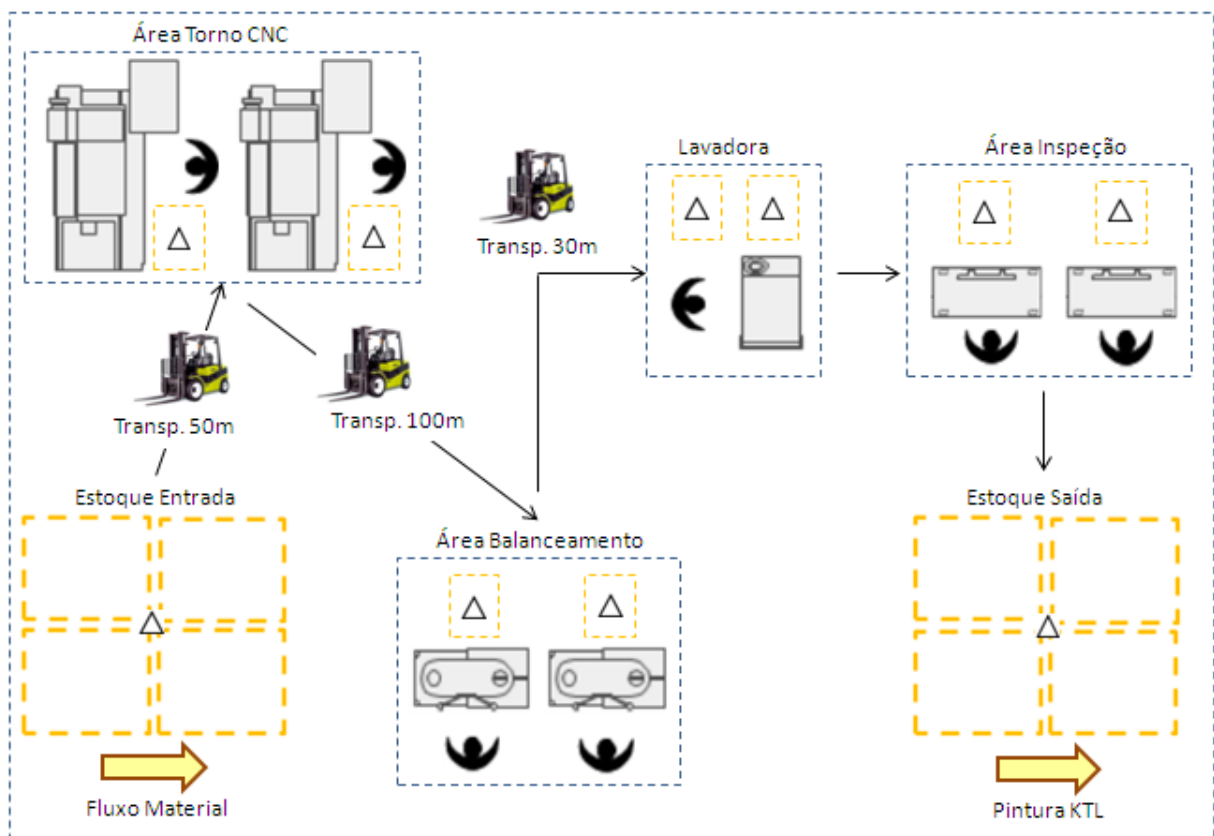
Fonte: Adaptado da Empresa B

Na Figura 6, em que mostra o mapeamento de processo da empresa B, observa-se que a empresa utiliza um sistema de célula em “U”, aplicado em empresas que utilizam a manufatura enxuta como estratégia, e com isso otimiza-se o uso da mão de obra uma vez que dois operadores conseguem operar duas máquinas cada. Além disso, observa-se que o próprio fluxo de material segue de forma contínua e sem a necessidade do uso de empilhadeiras, uma vez que o sistema *one piece flow*, carrega uma peça de cada vez para a próxima operação.

A Figura 7 apresenta o mapeamento de processo coletado da empresa C, e se observa uma estrutura de produção feita em células, pela qual uma empilhadeira faz o transporte de uma determinada célula produtiva para outra.

Este processo possui as suas desvantagens, pois enquanto o processo da empresa B utiliza dois operadores para produção da polia, o processo da empresa C, utiliza minimamente quatro operadores para o mesmo nível de produção. Além disso, existe a necessidade de um operador de empilhadeira para fazer o transporte dos lotes de produção.

Figura 7 - Mapeamento do Processo Empresa C



Fonte: Adaptado da Empresa C

Nesta etapa, por meio das informações gráficas (fluxograma e mapeamento de processo) coletadas durante as visitas realizadas nos fornecedores, além das observações de cada operação “*in loco*”, observou-se as diferenças entre os processos produtivos e isso se torna um fator importante no momento em que o cálculo ambiental é realizado.

4.7 FLUXOGRAMA DO PROCESSO REFERÊNCIA (ETAPA 7)

Utilizando as premissas estabelecidas na metodologia de pesquisa, mais especificamente na seção 3.1.7, um fluxograma de processo considerado como referência foi estabelecido pelo autor, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma do Processo Referência

FLUXOGRAMA DE PROCESSO				
Organização:		Descrição da Peça:		
Processo Ideal		Polia em V		
☐ Operação ☒ Operação com Inspeção ☐ Inspeção ➡ Transporte				
☐ Demora ☐ Estocagem ☐ Decisão				
Fluxo	Nº Ope.	Descrição da Operação	CE	Máquina/Local
☒	10	Fundir peça		Fundição Interna
➡	20	Transp. da fundição p/ usinagem		Carrinhos manuais
☒	40	Tornear 1ª fase		
☒	50	Tornear 2ª fase	♦	
☒	60	Usinar furos periféricos		
☒	80	Balancear peça		
☐	100	Soprar as peças		Cabine de sopro
➡	110	Transportar para Expedição		Empilhadeira
➡	120	Enviar peça para pintura KTL		Rodoviário/Caminhão
☒	130	Pintar peça		Fornecedor externo
➡	140	Transportar da pintura p/ planta		Rodoviário/Caminhão
➡	160	Embalar e enviar para cliente		Rodoviário/Caminhão

Fonte: Autor

A Figura 7 apresenta como, na visão dos cinco gestores entrevistados, deve ser o processo considerado como “Referência”. Para tal algumas observações

importantes são colocadas a seguir, dando detalhes de como deve ser as operações.

Na Operação 10, preferivelmente é melhor que o processo de fundição aconteça dentro da própria planta da empresa, pois com isso, os resíduos gerados durante a usinagem, seriam facilmente reutilizados na fundição. Assim conforme exemplificado por Graedel e Howard-Grenville (2005), quando se tem Ecologia Industrial implantada, um sistema “Tipo II” (Quase-Cíclico), pelo qual existe certo grau de ciclagem de recursos por meio do sistema que reduz a necessidade de uma entrada de recursos externos e saída de resíduos pode funcionar.

Entretanto, sabe-se que geralmente o processo de fundição é realizado por subfornecedores especializados nisso, portanto ao menos um acordo de cooperação é esperado que se tivesse. De acordo com Despeisse *et al.* (2012), o ideal é que resíduos de um processo seja insumo para outro. Isso independe se ocorre na mesma planta ou não.

Na operação 20, constatou-se que é preferível que a movimentação seja realizada em pequenos lotes via carrinhos manuais, que abasteçam a entrada da linha de produção paulatinamente.

As operações 40, 50 & 60, são feitas pelo mesmo equipamento, no caso um torno CNC, espera-se que nesta operação tenha um bom aproveitamento do líquido refrigerante de usinagem, evitando vazamentos e com isso necessidade de substituição do fluído. Também o ideal é que um sistema de coleta e secagem dos cavacos esteja em funcionamento, pois desta forma o resíduo de cavaco serve como insumo para o processo de fundição.

Na operação 80, não existe diferenças significativas no processo de balanceamento das peças, portanto ter um equipamento que traga bom desempenho em consumo de energia elétrica já é o suficiente.

Na operação 100, basta que a peça seja soprada, uma vez que na etapa seguinte, a pintura, a peça passa por um processo de decapagem que remove todos os seus resíduos, dessa maneira, entende-se que não há necessidade do uso de uma lavadora, mesmo porque o processo de balanceamento é com usinagem a seco.

Na operação 110, o transporte para a expedição deve ser realizado com empilhadeira a gás natural ou elétrica, e este processo é comum em todas as empresas.

Na operação 120, é importante salientar que o subfornecedor de pintura (Operação 130) deve ser desenvolvido o mais próximo possível da planta, com isso

se reduz o valor de frete e, conseqüentemente, o uso de combustíveis fósseis, devido uma menor distância para o transporte. A operação 140 é afetada automaticamente quando a melhor escolha de fornecedor é tomada, pois se trata do retorno das peças para a planta. Para o processo no caso das operações 120 e 140, que trata do transporte das peças para o fornecedor de pintura, considerou-se desenvolver um fornecedor em um raio de no máximo 200 km.

Na operação 160, é padrão para todas as companhias e não se tem muito que atuar, basta calcular a distância das empresas B e C para a empresa A.

Com esta análise realizada, observou-se que o processo Referência apresenta vários pontos de melhoria que poderiam ser implantados nas empresas B e C. Com a definição do processo Referência, foi possível avançar nos resultados, como apresentado nas seções seguintes.

4.8 DETERMINANDO MIC E MIT - FORNECEDORES (ETAPA 8)

Em função da empresa C realizar a fundição em fornecedor externo, foi necessário excluir este processo no cálculo do MIPS. Da mesma forma ocorreu com o processo de pintura que em ambas as empresas (B e C) utilizam subfornecedores para isso.

CrITÉRIOS de corte devem ser cuidadosamente considerados, de tal forma que nenhum recurso essencial seja desconsiderado. Faz-se necessário documentar as fronteiras do sistema e fazer comparações uniformes, sendo estas com mesma profundidade de investigação (RITTHOF *et al.*, 2002).

Com os critérios de corte uniformizados para as duas empresas B e C, ou seja, os critérios de comparações dos impactos ambientais foram mensurados de forma igualitária, alteraram-se somente os dados coletados em cada processo distinto. Portanto, a seguir são apresentados os resultados dos dois estudos de caso realizados.

4.8.1 Empresa B

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 4, foram definidos os valores do MIC e do MIT da empresa B, conforme pode ser visto na Tabela 11, na qual se refere ao estudo de caso 1.

Observa-se que apesar da literatura apontar cinco compartimentos para a determinação do MIT, os resultados apresentados nas tabelas a seguir não incluem o elemento Terra (Erosão / Movimentação Mecânica) porque como visto na Tabela 10, todos os componentes utilizados apresentaram 0 (zero) para o compartimento Terra. Sendo assim, este compartimento foi removido dos resultados apresentados neste estudo.

Outro ponto importante a ser mencionado é que todos os resultados apresentados compreendem um período de 12 meses.

Tabela 11 - Estudo de Caso 1 - Polia Menor - Empresa B

OP	Material Usado	Qtd (kg)/ano	Abiótico	Biótico	Água	Ar
20	■ Gás Natural	133,4	181,42	0,00	1.293,98	426,88
40, 50 & 60	■ Matéria Prima Excedente (FoFo)	1352	1.011.296,00	0,00	1.738.672,00	12.844,00
	■ Líquido Refrigerante	26520	4.720,56	0,00	67.838,16	132,60
	▲ Água	23868	238,68	0,00	31.028,40	0,00
	▲ Óleo Mineral	1591,2	2.689,13	0,00	22.085,86	79,56
	▲ Trietanolamina	1060,8	1.792,75	0,00	14.723,90	53,04
	■ Energia Elétrica	18200	48.594,00	0,00	690.144,00	11.648,00
80	■ Energia Elétrica	476,3	1.271,72	0,00	18.061,30	304,83
100	■ Líquido Detergente	10920	2.644,82	0,00	78.010,30	716,35
	▲ Água	9828	98,28	0,00	12.776,40	0,00
	▲ Hidróxido de Sódio	655,2	1.808,35	0,00	59.171,11	694,51
	▲ Dietanolamina	436,8	738,19	0,00	6.062,78	21,84
110	■ Gás Natural	533,7	725,83	0,00	5.176,89	1.707,84
120	■ Óleo Diesel	914,4	1.243,58	0,00	8.869,68	2.926,08
140	■ Óleo Diesel	914,4	1.243,58	0,00	8.869,68	2.926,08
160	■ Óleo Diesel	223,2	303,55	0,00	2.165,04	714,24
Análise por Operação (MIT)			Abiótico (A)	Biótico (B)	Água (C)	Ar (D)
OP 20	1.902,28		181,42	0,00	1.293,98	426,88
OP 40, 50 & 60	3.585.889,32		1.064.610,56	0,00	2.496.654,16	24.624,60
OP 80	19.637,85		1.271,72	0,00	18.061,30	304,83
OP 100	81.371,47		2.644,82	0,00	78.010,30	716,35
OP 110	7.610,56		725,83	0,00	5.176,89	1.707,84
OP 120	13.039,34		1.243,58	0,00	8.869,68	2.926,08
OP 140	13.039,34		1.243,58	0,00	8.869,68	2.926,08
OP 160	3.182,83		303,55	0,00	2.165,04	714,24
MIC =>			1.072.225,08	0,00	2.619.101,02	34.346,90
			A	B	C	D
			MIT (A+B+C+D) = 3.725.673,01			

Fonte: Autor

Os cálculos basearam-se nos dados fornecidos pela empresa e os valores apresentados referem-se a por exemplo, quantidade de líquido refrigerante utilizado durante o período de 1 ano, assim como líquido detergente, uso de gás natural para as empilhadeiras, rotas utilizadas pelos caminhões de transporte, entre outros.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos do estudo de caso 2, em que o componente utilizado foi a polia maior.

Tabela 12 - Estudo de Caso 2 - Polia Maior - Empresa B

OP	Material Usado	Qtd (kg)/ano	Abiótico	Biótico	Água	Ar
20	■ Gás Natural	71,8	97,65	0,00	696,46	229,76
40, 50 & 60	■ Matéria Prima Excedente (FoFo)	1295	968.660,00	0,00	1.665.370,00	12.302,50
	■ Líquido Refrigerante	14280	2.541,84	0,00	36.528,24	71,40
	▲ Água	12852	128,52	0,00	16.707,60	0,00
	▲ Óleo Mineral	856,8	1.447,99	0,00	11.892,38	42,84
	▲ Trietanolamina	571,2	965,33	0,00	7.928,26	28,56
	■ Energia Elétrica	9800	26.166,00	0,00	371.616,00	6.272,00
80	■ Energia Elétrica	256,3	684,32	0,00	9.718,90	164,03
100	■ Líquido Detergente	5880	1.424,14	0,00	42.005,54	385,73
	▲ Água	5292	52,92	0,00	6.879,60	0,00
	▲ Hidróxido de Sódio	352,8	973,73	0,00	31.861,37	373,97
	▲ Dietanolamina	235,2	397,49	0,00	3.264,58	11,76
110	■ Gás Natural	287,4	390,86	0,00	2.787,78	919,68
120	■ Óleo Diesel	609,6	829,06	0,00	5.913,12	1.950,72
140	■ Óleo Diesel	609,6	829,06	0,00	5.913,12	1.950,72
160	■ Óleo Diesel	223,2	303,55	0,00	2.165,04	714,24
Análise por Operação (MIT)			Abiótico (A)	Biótico (B)	Água (C)	Ar (D)
OP 20	1.023,87		97,65	0,00	696,46	229,76
OP 40, 50 & 60	3.089.527,98		997.367,84	0,00	2.073.514,24	18.645,90
OP 80	10.567,25		684,32	0,00	9.718,90	164,03
OP 100	43.815,41		1.424,14	0,00	42.005,54	385,73
OP 110	4.098,32		390,86	0,00	2.787,78	919,68
OP 120	8.692,90		829,06	0,00	5.913,12	1.950,72
OP 140	8.692,90		829,06	0,00	5.913,12	1.950,72
OP 160	3.182,83		303,55	0,00	2.165,04	714,24
MIC =>			1.001.926,47	0,00	2.142.714,20	24.960,78
			A	B	C	D
			MIT (A+B+C+D) = 3.169.601,45			

Fonte: Autor

4.8.2 Empresa C

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 5, foram definidos os valores do MIC e do MIT da empresa C para o estudo de caso 1, conforme pode ser visto na Tabela 13.

Os dados apresentados a seguir seguiram os mesmos critérios utilizados na seção anterior e da mesma forma como feito para a empresa B, os dados foram anualizados e coletados nos arquivos da empresa durante as visitas realizadas na ocasião.

Tabela 13 - Estudo de Caso 1 - Polia Menor - Empresa C

OP	Material Usado	Qtd (kg)/ano	Abiótico	Biótico	Água	Ar
20	■ Óleo Diesel	7675,2	10.438,27	0,00	74.449,44	24.560,64
30	■ Gás Natural	133,4	162,75	0,00	66,70	485,58
40, 50 & 60	■ Matéria Prima Excedente (FoFo)	3406	2.547.688,00	0,00	4.380.116,00	32.357,00
	■ Líquido Refrigerante	29640	5.275,92	0,00	75.819,12	148,20
	▲ Água	26676	266,76	0,00	34.678,80	0,00
	▲ Óleo Mineral	1778,4	3.005,50	0,00	24.684,19	88,92
	▲ Trietanolamina	1185,6	2.003,66	0,00	16.456,13	59,28
	■ Energia Elétrica	19500	52.065,00	0,00	739.440,00	12.480,00
70	■ Gás Natural	266,8	325,50	0,00	133,40	971,15
80	■ Energia Elétrica	476,3	1.271,72	0,00	18.061,30	304,83
90	■ Gás Natural	80,1	97,72	0,00	40,05	291,56
100	■ Líquido Detergente	12480	3.022,66	0,00	89.154,62	818,69
	▲ Água	11232	112,32	0,00	14.601,60	0,00
	▲ Hidróxido de Sódio	748,8	2.066,69	0,00	67.624,13	793,73
	▲ Dietanolamina	499,2	843,65	0,00	6.928,90	24,96
110	■ Gás Natural	533,7	651,11	0,00	266,85	1.942,67
120	■ Óleo Diesel	1130,4	1.537,34	0,00	10.964,88	3.617,28
140	■ Óleo Diesel	1130,4	1.537,34	0,00	10.964,88	3.617,28
160	■ Óleo Diesel	705,6	959,62	0,00	6.844,32	2.257,92
Análise por Operação (MIT)			Abiótico (A)	Biótico (B)	Água (C)	Ar (D)
OP 20	109.448,35		10.438,27	0,00	74.449,44	24.560,64
OP 30	715,02		162,75	0,00	66,70	485,58
OP 40, 50 & 60	7.845.389,24		2.605.028,92	0,00	5.195.375,12	44.985,20
OP 70	1.430,05		325,50	0,00	133,40	971,15
OP 80	19.637,85		1.271,72	0,00	18.061,30	304,83
OP 90	429,34		97,72	0,00	40,05	291,56
OP 100	92.995,97		3.022,66	0,00	89.154,62	818,69
OP 110	2.860,63		651,11	0,00	266,85	1.942,67
OP 120	16.119,50		1.537,34	0,00	10.964,88	3.617,28
OP 140	16.119,50		1.537,34	0,00	10.964,88	3.617,28
OP 160	10.061,86		959,62	0,00	6.844,32	2.257,92
MIC =>			2.625.032,95	0,00	5.406.321,56	83.852,80
			A	B	C	D
			MIT (A+B+C+D) = 8.115.207,31			

Fonte: Autor

As tabelas apresentadas com os resultados dos fornecedores na forma como foram desenvolvidas, permitem realizar uma série de análises, tanto individuais, ou por operação, como uma análise global. A análise individual permite a empresa atuar diretamente no ponto em que o maior impacto ao meio ambiente é ocasionado.

A presente pesquisa permite que a empresa avaliada, tenha uma atuação diretamente na operação que mais impacta nos resultados e deixa de ser uma avaliação subjetiva, mas sim uma avaliação real e com resultados mensuráveis.

A Tabela 14 apresenta os resultados do estudo de caso 2 realizado na empresa C, em que o componente utilizado foi a polia maior.

Tabela 14 - Estudo de Caso 2 - Polia Maior - Empresa C

OP	Material Usado	Qtd (kg)/ano	Abiótico	Biótico	Água	Ar
20	■ Óleo Diesel	5116,8	6.958,85	0,00	49.632,96	16.373,76
30	■ Gás Natural	71,8	87,60	0,00	35,90	261,35
40, 50 & 60	■ Matéria Prima Excedente (FoFo)	1701	1.272.348,00	0,00	2.187.486,00	16.159,50
	■ Líquido Refrigerante	15960	2.840,88	0,00	40.825,68	79,80
	▲ Água	14364	143,64	0,00	18.673,20	0,00
	▲ Óleo Mineral	957,6	1.618,34	0,00	13.291,49	47,88
	▲ Trietanolamina	638,4	1.078,90	0,00	8.860,99	31,92
	■ Energia Elétrica	10500	28.035,00	0,00	398.160,00	6.720,00
70	■ Gás Natural	143,7	175,31	0,00	71,85	523,07
80	■ Energia Elétrica	256,3	684,32	0,00	9.718,90	164,03
90	■ Gás Natural	43,1	52,58	0,00	21,55	156,88
100	■ Líquido Detergente	6720	1.627,58	0,00	48.006,34	440,83
	▲ Água	6048	60,48	0,00	7.862,40	0,00
	▲ Hidróxido de Sódio	403,2	1.112,83	0,00	36.412,99	427,39
	▲ Dietanolamina	268,8	454,27	0,00	3.730,94	13,44
110	■ Gás Natural	287,4	350,63	0,00	143,70	1.046,14
120	■ Óleo Diesel	753,6	1.024,90	0,00	7.309,92	2.411,52
140	■ Óleo Diesel	753,6	1.024,90	0,00	7.309,92	2.411,52
160	■ Óleo Diesel	705,6	959,62	0,00	6.844,32	2.257,92
Análise por Operação (MIT)			Abiótico (A)	Biótico (B)	Água (C)	Ar (D)
OP 20		72.965,57	6.958,85	0,00	49.632,96	16.373,76
OP 30		384,85	87,60	0,00	35,90	261,35
OP 40, 50 & 60		3.952.654,86	1.303.223,88	0,00	2.626.471,68	22.959,30
OP 70		770,23	175,31	0,00	71,85	523,07
OP 80		10.567,25	684,32	0,00	9.718,90	164,03
OP 90		231,02	52,58	0,00	21,55	156,88
OP 100		50.074,75	1.627,58	0,00	48.006,34	440,83
OP 110		1.540,46	350,63	0,00	143,70	1.046,14
OP 120		10.746,34	1.024,90	0,00	7.309,92	2.411,52
OP 140		10.746,34	1.024,90	0,00	7.309,92	2.411,52
OP 160		10.061,86	959,62	0,00	6.844,32	2.257,92
MIC =>			1.316.170,16	0,00	2.755.567,03	49.006,32
			A	B	C	D
			MIT (A+B+C+D) = 4.120.743,52			

Fonte: Autor

Observou-se analisando as quatro tabelas das duas empresas B e C, que as OP 40, 50 & 60 são as principais causadoras de impactos ao meio ambiente e, portanto, os fornecedores devem atuar primeiramente nestas operações a fim de melhorarem seus processos.

4.9 DETERMINANDO MIC E MIT - PROCESSO REFERÊNCIA (ETAPA 9)

Nesta etapa, após a determinação do fluxograma de processo referência, de acordo com as observações apontadas na seção 4.7, foram definidos os valores do processo referência para o caso 1 e 2, conforme mostrado nas Tabelas 15 e 16.

Tabela 15 - Estudo de Caso 1 - Polia Menor - Processo Referência

OP	Material Usado	Qtd (kg)/ano	Abiótico	Biótico	Água	Ar
40, 50 & 60	■ Matéria Prima Excedente (FoFo)	1352	1.011.296,00	0,00	1.738.672,00	12.844,00
	■ Líquido Refrigerante	26520	4.720,56	0,00	67.838,16	132,60
	▲ Água	23868	238,68	0,00	31.028,40	0,00
	▲ Óleo Mineral	1591,2	2.689,13	0,00	22.085,86	79,56
	▲ Trietanolamina	1060,8	1.792,75	0,00	14.723,90	53,04
	■ Energia Elétrica	18200	48.594,00	0,00	690.144,00	11.648,00
80	■ Energia Elétrica	476,3	1.271,72	0,00	18.061,30	304,83
100	■ Energia Elétrica	390,6	1.042,90	0,00	14.811,55	249,98
110	■ Gás Natural	533,7	651,11	0,00	266,85	1.942,67
120	■ Óleo Diesel	1440	1.958,40	0,00	13.968,00	4.608,00
140	■ Óleo Diesel	1440	1.958,40	0,00	13.968,00	4.608,00
160	■ Óleo Diesel	705,6	959,62	0,00	6.844,32	2.257,92
Análise por Operação (MIT)			Abiótico (A)	Biótico (B)	Água (C)	Ar (D)
OP 40, 50 & 60	3.585.889,32		1.064.610,56	0,00	2.496.654,16	24.624,60
OP 80	19.637,85		1.271,72	0,00	18.061,30	304,83
OP 100	16.104,44		1.042,90	0,00	14.811,55	249,98
OP 110	2.860,63		651,11	0,00	266,85	1.942,67
OP 120	20.534,40		1.958,40	0,00	13.968,00	4.608,00
OP 140	20.534,40		1.958,40	0,00	13.968,00	4.608,00
OP 160	10.061,86		959,62	0,00	6.844,32	2.257,92
MIC =>			1.072.452,71	0,00	2.564.574,18	38.596,00
			A	B	C	D
			MIT (A+B+C+D) = 3.675.622,90			

Fonte: Autor

Tabela 16 - Estudo de Caso 2 - Polia Maior - Processo Referência

OP	Material Usado	Qtd (kg)/ano	Abiótico	Biótico	Água	Ar
40, 50 & 60	■ Matéria Prima Excedente (FoFo)	1295	968.660,00	0,00	1.665.370,00	12.302,50
	■ Líquido Refrigerante	14280	2.541,84	0,00	36.528,24	71,40
	▲ Água	12852	128,52	0,00	16.707,60	0,00
	▲ Óleo Mineral	856,8	1.447,99	0,00	11.892,38	42,84
	▲ Trietanolamina	571,2	965,33	0,00	7.928,26	28,56
	■ Energia Elétrica	9800	26.166,00	0,00	371.616,00	6.272,00
80	■ Energia Elétrica	256,3	684,32	0,00	9.718,90	164,03
100	■ Energia Elétrica	210,6	562,30	0,00	7.985,95	134,78
110	■ Gás Natural	287,4	350,63	0,00	143,70	1.046,14
120	■ Óleo Diesel	960	1.305,60	0,00	9.312,00	3.072,00
140	■ Óleo Diesel	960	1.305,60	0,00	9.312,00	3.072,00
160	■ Óleo Diesel	705,6	959,62	0,00	6.844,32	2.257,92
Análise por Operação (MIT)			Abiótico (A)	Biótico (B)	Água (C)	Ar (D)
OP 40, 50 & 60	3.089.527,98		997.367,84	0,00	2.073.514,24	18.645,90
OP 80	10.567,25		684,32	0,00	9.718,90	164,03
OP 100	8.683,04		562,30	0,00	7.985,95	134,78
OP 110	1.540,46		350,63	0,00	143,70	1.046,14
OP 120	13.689,60		1.305,60	0,00	9.312,00	3.072,00
OP 140	13.689,60		1.305,60	0,00	9.312,00	3.072,00
OP 160	10.061,86		959,62	0,00	6.844,32	2.257,92
MIC =>			1.002.535,91	0,00	2.116.831,11	28.392,77
			A	B	C	D
			MIT (A+B+C+D) = 3.147.759,79			

Fonte: Autor

Com os resultados dos valores dos impactos ambientais definidos (MIC e MIT) para os fornecedores e para o processo Referência, pode-se seguir adiante a determinação da nota Ambiental.

Conforme já evidenciado na literatura, os critérios ambientais podem ser estruturados em relação a qualquer produto ou serviço que está sendo comprado ou diretamente aplicado ao fornecedor (FET *et al.*, 2011). Lloyd (1994) classifica os critérios ambientais em dois grupos principais: critérios ambientais relacionados a produtos e critérios relacionados ao fornecedor. Enarsson (1998), Handfield et al. (2002), Chen (2005), Huang e Keskar (2007) e Parikka-Alhola (2008) usam formas semelhantes de classificar os critérios ambientais.

A presente pesquisa aplicou o critério Ambiental em relação ao produto, devido a sua característica ser *dual sourcing*. Com isso para cada caso deve ser dada uma nota individual, por produto ou por peça.

4.10 DETERMINANDO A NOTA AMBIENTAL (ETAPA 10)

Para determinar a nota ambiental dos fornecedores para os dois casos, a Equação 8 foi aplicada aos resultados obtidos. A Equação 8, conforme explicado na seção 4.5.1, possui dois limitantes que foram considerados.

O primeiro limitante é que se o valor do MIT (Empresa) for menor ou igual ao MIT (Referência), a nota varia de 5 (cinco) a 10 (dez). O segundo limitante é que se o valor do MIT (Empresa) for 100% maior que o MIT (Referência) a nota será 0 (zero). Com estes limitantes a nota ambiental pode gerar um valor 0 (zero) ou de 5 (cinco) a 10 (dez), dependendo do valor de MIT encontrado.

A Tabela 17 apresenta os resultados obtidos por meio da Equação 8 e pontua as empresas B e C, para os dois casos realizados. No caso 1, em função dos valores encontrados do MIT a empresa B pontuou 9,87 enquanto que a empresa C pontuou 0,00, esta nota foi atribuída devido ao segundo limitante ter sido ultrapassado na empresa C. No caso 2, com os valores obtidos a empresa B pontuou 9,93, enquanto que a empresa C pontuou 7,64.

Com as notas estabelecidas observou-se que as mesmas variam para cada caso, atuar no produto e não no fornecedor. Assim para cada produto é dada uma nota diferente e especificamente neste trabalho, como a aplicação acontece em *dual sourcing*, a avaliação realiza-se sempre em pares.

Tabela 17 - Nota Ambiental

Equação 8		
$NIB = \left(\frac{1}{\left(\frac{MIT (Empresa)}{MIT (Referência)} \right)} \right) \times 10$		
Estudo de Caso	1	2
MIT Referência	3.675.622,90	3.147.759,79
MIT Empresa B	3.725.673,01	3.169.601,45
MIT Empresa C	8.115.207,31	4.120.743,52
Limitante	7.351.245,79	6.295.519,57
Nota Empresa B	9,87	9,93
Nota Empresa C	0,00	7,64

Fonte: Autor

4.11 DETERMINANDO A NOTA GLOBAL (ETAPA 11)

Com a nota ambiental definida, determina-se então a nota global, conforme comentado na metodologia de pesquisa, na seção 3.1.11. Os dados para a nota global, exceto a nota ambiental, foram extraídos da base de dados da empresa A.

4.11.1 Empresa B

A Tabela 18 apresenta os resultados da nota global da empresa B. Nesta etapa, realiza-se uma ponderação das notas obtidas em cada indicador e assim é determinada a nota global do fornecedor.

Observa-se que as notas obtidas nas categorias Certificações, Compras, Logística e Qualidade permanecem iguais para os dois casos, ou seja, trata-se de uma nota uniforme que pode ser generalizada, e somente a categoria ambiental é que recebe uma nota para cada caso específico.

Tabela 18 - Nota Global - Empresa B

Nota Global - Empresa B					
Grupo	Categoria	Peso	Indicador	Caso 1	Caso 2
Estratégicos	Certificações 20%	8%	Certificados	10,0	10,0
		12%	Avaliação VDA	7,0	7,0
	Compras 20%	20%	Avaliação Comercial	9,0	9,0
Operacionais	Logística 20%	7%	Parada de Linha	10,0	10,0
		5%	Violação Mínimo/Máximo	10,0	10,0
		2%	Embalagem	10,0	10,0
		2%	Etiqueta	10,0	10,0
		2%	MRP Informações	10,0	10,0
		2%	Transporte	10,0	10,0
	Qualidade 20%	13%	Desempenho Qualidade	10,0	10,0
		5%	Resposta 8D	10,0	10,0
		2%	Melhoria Contínua	10,0	10,0
	Ambiental 20%	20%	Impacto Ambiental MIPS	9,87	9,93
Nota Global - Empresa B				9,41	9,43

Fonte: Autor

4.11.2 Empresa C

Observa-se que a empresa C apresenta um resultado inferior a empresa B. No grupo Estratégico, no indicador Certificados, a falta do Certificado OSHAS fez com que a empresa não atingisse a nota máxima. Ainda dentro do grupo Estratégico, o indicador Avaliação Comercial, também teve um desempenho menor que a empresa B.

No grupo Operacional, os indicadores Parada de Linha, Violação Mínimo/Máximo e Qualidade tiveram abaixo do que os resultados observados na empresa B. Entretanto, na categoria Ambiental, houve a maior discrepância nos resultados, indicando que profundas melhorias precisam ser realizadas na empresa C. A Tabela 19 apresenta os resultados da nota Global para a empresa C.

Tabela 19 - Nota Global - Empresa C

Nota Global - Empresa C					
Grupo	Categoria	Peso	Indicador	Caso 1	Caso 2
Estratégicos	Certificações 20%	8%	Certificados	9,0	9,0
		12%	Avaliação VDA	7,0	7,0
	Compras 20%	20%	Avaliação Comercial	8,0	8,0
Operacionais	Logística 20%	7%	Parada de Linha	7,0	7,0
		5%	Violação Mínimo/Máximo	7,0	7,0
		2%	Embalagem	10,0	10,0
		2%	Etiqueta	10,0	10,0
		2%	MRP Informações	10,0	10,0
		2%	Transporte	10,0	10,0
	Qualidade 20%	13%	Desempenho Qualidade	8,5	8,5
		5%	Resposta 8D	10,0	10,0
		2%	Melhoria Contínua	10,0	10,0
	Ambiental 20%	20%	Impacto Ambiental MIPS	0,00	7,64
Nota Global - Empresa C				6,61	8,13

Fonte: Autor

4.12 DISCUSSÃO DOS CASOS (ETAPA 12)

Nesta seção apresenta-se a discussão dos casos, pela qual estão diretamente ligados à proposição da pesquisa. Para as discussões faz-se necessário realizar um levantamento das semelhanças e diferenças, por meio das observações realizadas nas empresas B e C.

Durante a revisão da literatura, foram evidenciadas algumas lacunas ainda não exploradas, em que Govindan *et. al.* (2015), enfatiza que muitos estudos têm sido realizados em relação à avaliação ambiental de fornecedores, contudo, utilizando-se de abordagens metodológicas que por muitas vezes, não deixam claro, de que forma determinado fornecedor tenha sido escolhido com o melhor desempenho ambiental.

Esta pesquisa por meio das análises realizadas procurou demonstrar qual o ponto ou operação específica o fornecedor pode tomar ações de melhoria, a fim de melhorar seu desempenho ambiental.

Esta pesquisa por sua vez, realizou uma análise ambiental comparativa entre dois fornecedores e miscigenou a prática com a teoria, corroborando assim, com os resultados da literatura.

A presente pesquisa, corroborando com os achados de Igarashi, *et al.*, (2013), fez uma combinação entre critérios convencionais e ambientais. Além disso, utilizou a ferramenta MIPS nesta avaliação ambiental.

Em relação aos critérios convencionais, observa-se que os resultados apresentados pela empresa B sobrepõem aos resultados apresentados pela empresa C nos indicadores Certificados, Avaliação Comercial, Parada de Linha, Violação Mínimo/Máximo e Qualidade.

Na próxima seção, o critério ambiental é avaliado, por meio dos dois estudos de casos. Entretanto, foi possível constatar a aceitação da proposição P1, colocada no trabalho em que ao se avaliar um processo de *dual sourcing*, foi possível adicionar aos critérios convencionais de avaliação de fornecedores, um critério ambiental, em que demonstre qual fornecedor é o mais eco-eficiente.

4.12.1 Estudo de Caso 1

Nesta seção, foi avaliado somente o critério ambiental. A forma como a pesquisa foi estruturada permitiu realizar diversas análises, desde análises globais até análises detalhadas, podendo verificar os resultados de operação por operação de cada empresa.

É importante salientar que, com a definição do processo Referência, têm-se um valor padrão a ser atingido e assim é possível comparar os resultados individuais de cada empresa com o processo Referência.

Na Tabela 20, os dados das duas empresas B e C, mais o processo Referência são apresentados, a fim de facilitar a visualização dos resultados em melhorar o entendimento das análises feitas a seguir.

Tabela 20 - Análise dos Dados - Estudo de Caso 1

ESTUDO DE CASO 1					
Empresa B		Empresa C		Processo Referência	
OP 20	1.902,28	OP 20	109.448,35		
		OP 30	715,02		
OP 40, 50 & 60	3.585.889,32	OP 40, 50 & 60	7.845.389,24	OP 40, 50 & 60	3.585.889,32
		OP 70	1.430,05		
OP 80	19.637,85	OP 80	19.637,85	OP 80	19.637,85
		OP 90	429,34		
OP 100	81.371,47	OP 100	92.995,97	OP 100	16.104,44
OP 110	7.610,56	OP 110	2.860,63	OP 110	2.860,63
OP 120	13.039,34	OP 120	16.119,50	OP 120	20.534,40
OP 140	13.039,34	OP 140	16.119,50	OP 140	20.534,40
OP 160	3.182,83	OP 160	10.061,86	OP 160	10.061,86
Total	3.725.673,01	Total	8.115.207,31	Total	3.675.622,90

Fonte: Autor

Na operação 20, como a empresa B tem o processo de fundição internalizado, a mesma leva uma grande vantagem em relação à empresa C, na qual o subfornecedor está a 1.066 km de distância, fazendo com que o impacto ambiental seja cerca de 100x maior em relação à empresa B, devido ao uso de transporte rodoviário.

As operações 30, 70, 90 e 110, aparecem somente na empresa C, devido a estratégia de produção utilizada por ela, uma vez que os lotes são levados via empilhadeira de uma célula de produção para outra. O mesmo não é observado nem na empresa B e tampouco no processo referência. Entretanto, o impacto ambiental causado por estas três operações é insignificante no todo.

Nas operações 40, 50 e 60, que se referem a processo de usinagem da peça, ocorre o maior impacto ambiental e devem ser as operações que necessitam de maior atenção. O elemento ferro fundido possui um alto impacto no meio abiótico e água (na extração do minério de ferro), conforme visto na Tabela 10. Portanto, quanto melhor for o aproveitamento da matéria prima na relação peça bruta versus peça usinada, melhor é o desempenho ambiental. De acordo com os resultados obtidos, a empresa C tem um grande desafio pela frente, pois para se ter uma ideia, o impacto ambiental causado por estas três operações na referida empresa, correspondem a 97% do total.

Na operação 80, o processo de balanceamento apresenta os mesmos

resultados para os três comparativos e seu impacto ambiental é considerado insignificante.

Na operação 100, as duas empresas B e C, usam a estratégia de utilizar lavadoras industriais nestes processos. Entretanto, como pode ser visto na Figura 8, Fluxograma do Processo Referência, é adotado um simples soprador, uma vez que o processo seguinte faz uma decapagem na peça antes da pintura, essa decapagem substitui a lavagem da peça, tornando-a desnecessária. Portanto, é possível verificar que os impactos ambientais são bem menores no processo Referência, que utiliza um soprador, ao invés das lavadoras.

As operações 120 e 140 dependem diretamente da distância adotada pelos fornecedores, pois se refere a atividade de transporte para levar e trazer do processo de pintura. Portanto, quanto mais próximo estiver este subfornecedor (processo de pintura), mais ecoeficiente será. Na definição do processo Referência foi considerado um subfornecedor em um raio de 200 km no máximo.

A operação 160 está diretamente ligada à distância que as empresas B e C estão do seu cliente, no caso a empresa A. Portanto, neste caso não existe muito que ser feito uma vez que o transporte é realizado por caminhão.

Por fim, fazendo uma análise entre as duas empresas B e C, observou-se que a empresa B possui um processo mais eco-eficiente que a empresa C. Verificou-se que a empresa B, apresentou um resultado bem melhor que sua concorrente, a empresa C.

4.12.2 Estudo de Caso 2

As observações feitas para o estudo de caso 2 são semelhantes às realizadas ao estudo de caso 1. Todavia, nas operações que se observam os maiores impactos ambientais, OP 40, 50 e 60, verificou-se na empresa C um comportamento diferente do apresentado no caso anterior. Como pode ser visto Tabelas 3 e 4 a eficiência do uso da matéria prima são diferentes para a empresa C, sendo no caso 1, um aproveitamento de 95,7% e no caso 2, de 96,8%. Esse melhor aproveitamento da matéria prima elevou a nota Ambiental de 0,00 (zero) para 7,64.

O caso 2, diferente do caso 1, apresentou valores mais próximos entre as duas

empresas B e C. Apesar do resultado da empresa B também ser melhor no caso 2, foi possível observar que os impactos ambientais independentemente do porte das empresas, poderiam ser melhores.

Observa-se que se a empresa C fizer um trabalho de melhoria no aproveitamento de matéria prima, a mesma pode chegar a valores próximos ou até melhores dos que apresentados pela empresa B. A Tabela 21, apresenta os três processos, empresa B, C e processo Referência, para facilitar o entendimento das análises realizadas.

Tabela 21 - Análise dos Dados - Estudo de Caso 2

ESTUDO DE CASO 2					
Empresa B		Empresa C		Processo Referência	
OP 20	1.023,87	OP 20	72.965,57		
		OP 30	384,85		
OP 40, 50 & 60	3.089.527,98	OP 40, 50 & 60	3.952.654,86	OP 40, 50 & 60	3.089.527,98
		OP 70	770,23		
OP 80	10.567,25	OP 80	10.567,25	OP 80	10.567,25
		OP 90	231,02		
OP 100	43.815,41	OP 100	50.074,75	OP 100	8.683,04
OP 110	4.098,32	OP 110	1.540,46	OP 110	1.540,46
OP 120	8.692,90	OP 120	10.746,34	OP 120	13.689,60
OP 140	8.692,90	OP 140	10.746,34	OP 140	13.689,60
OP 160	3.182,83	OP 160	10.061,86	OP 160	10.061,86
Total	3.169.601,45	Total	4.120.743,52	Total	3.147.759,79

Fonte: Autor

De qualquer forma, observou-se que o objetivo desta pesquisa foi atingido, uma vez que as empresas podem tomar ações focadas em algumas operações, com base nos resultados obtidos, e assim melhorarem seus desempenhos no que diz respeito aos impactos ambientais.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos nessa pesquisa, se pode chegar as seguintes conclusões:

- foi realizado uma revisão da literatura pela qual observou-se que muitos trabalhos, apesar de mencionarem questões ambientais, não detalharam a existência de métricas para mensurar os resultados obtidos, deixando de criar uma referência, ou uma orientação, para que os fornecedores possam melhorar seus impactos ambientais. Concluiu-se que esta pesquisa, por sua vez, preencheu estas lacunas identificadas, uma vez que conseguiu propor um procedimento para obtenção de dados quantitativos que podem servir de referência para tomada de decisão;
- foi realizado o levantamento de dados necessários para a avaliação ambiental que permitiu uma análise dos processos das empresas B e C; e também a elaboração do processo de referência;
- foi realizado uma correlação entre os dados coletados das duas empresas avaliadas (B e C) e do processo de referência, permitindo assim, estabelecer análises comparativas entre ambas as empresas com o processo de referência definido;
- foi realizado uma análise no processo vigente de avaliação de fornecedores da empresa A e foi identificado a oportunidade de melhoria, especificamente a que permitiu a realização de adaptações necessárias para a inclusão de um critério ambiental;
- foi proposto um novo critério de avaliação de fornecimento *dual sourcing* da empresa A, adicionando um critério ambiental ao critério existente e concluiu-se que dados quantitativos foram obtidos por este estudo podem ser utilizados para a qualificação de fornecedores, servindo, inclusive, como orientação para as melhorias necessárias relativas ao impacto ambiental de seus processos.

Com relação a avaliação ambiental de fornecedores, concluiu-se que a principal implicação prática foi a forma de mensurar o impacto ambiental. Isso foi importante pois especificamente nos casos apresentados, os fornecedores conseguiram visualizar que deveriam atuar nas operações 40, 50 e 60, uma vez que estas operações corresponderam a mais de 95% dos impactos causados no total. Assim o presente trabalho conseguiu apresentar aos fornecedores em qual operação eles devem dar prioridade de atuação.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se que novas pesquisas sejam realizadas, para validação do método empregado no ramo automobilístico e também aplicação em outros segmentos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14020: rótulos e declarações ambientais: princípios gerais**. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2001. 10p.

ABRAHAM, M. Pollution Prevention: Fundamentals and Practice. **Journal of Hazardous Materials**, v.7, n.1-3, p.262-265, 2000. DOI:10.1016/S0304-3894(00)00256-9.

BARANTIN, E. W. A delivery lag inventory model with an emergency provision. **Naval Research Logistics Quarterly**, v.8, n.3, p. 285-311, 1961.

BARBIERI, J. C. Avaliação de impacto ambiental na legislação brasileira. **RAE Ambiental**, v.35, n.2, p. 78-85, 1995.

BARBOSA JÚNIOR, A. F.; MORAIS, R. M.; EMERENCIANO, S. V.; PIMENTA, H. C.; GOUVINHAS, R. P. Conceitos e aplicações de análise no ciclo de vida (ACV) no Brasil. **Revista Gerenciais**, v.7, n.1, p. 39-44, 2008.

BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

BILLATOS, S. B.; BASALY, N. A. **GreenTechnology and Design for the Environment**. New York: Taylor & Francis, 1997.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Qualitative research for education: an introduction to theory and methods**. Boston: Allyn and Bacon, 1992.

BRADLEY, J. R. A Brownian approximation of a production-inventory system with a manufacturer that subcontracts. **Operations Research**, v.52, n.5, p.765-784, 2004.

BRATTEBO, H. Toward a Methods Framework for Eco-efficiency Analysis? **Journal of Industrial Ecology**, v.9, n.4, 2005.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, 1989.

BURGHILA, D.; BORDUN, C. E.; DORU, M.; SARBU, N.; BADEA, A.; CIMPEANU, S. M. Climate change effects - where to next?. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v.6, p. 405-412, 2015.

CAGNO, E.; TRUCCO, P.; TARDINI, L. Cleaner production and profitability: analysis of 134 industrial pollution prevention (P2) project reports. **Journal of Cleaner Production**, v.13, n.6, p.593-605, 2005. DOI:10.1016/j.jclepro.2003.12.025.

CALDEIRA-PIRES, A.; SOUZA-PAULA, M. C.; VILAS BOAS, R. C. **Avaliação do ciclo de vida: a ISO 14040 na América Latina**. Abipti, 2005. 337p.

CARTER, C. R.; ROGERS, D. S. A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.38, p.360-387, 2008.

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.

CAVALETT, O.; ORTEGA, E. Integrated environmental assessment of biodiesel production from soybean in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.18, n.1, p. 55-70, 2010.

CHEHEBE, J. R. **Análise de ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CHEN, C. C.; SHIH, H. S.; SHYUR, H. J.; WU, K. S. A business strategy selection of green supply chain management via an analytic network process. **Computers and Mathematics with Applications**, v.64, p. 2544-2557, 2012. DOI:10.1016/j.camwa.2012.06.013.

CHEN, C.C. Incorporating green purchasing into the frame of ISO 14000. **Journal of Cleaner Production**, v.13, p. 927-933, 2005.

CHIANG, C.; BENTON, W.C. Sole sourcing versus *dual sourcing*. **Naval Research Logistics**, v. 41, p. 609-624, 1994.

CINDIN, R. P. J.; SILVA, R. S. Pegada Ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. **Estudos Geográficos Rio Claro**, v.2, n.1, p. 43-52, 2004. ISSN:1678-698X.

CONSTANTINO, N.; PELLEGRINO, R. Choosing between single and multiple sourcing based on supplier default risk: A real options approach. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v.16, n.1, p.16-40, 2010. DOI:10.1016/j.pursup.2009.08.001

COUSINS, P., LAMMING, R., LAWSON, B., SQUIRE, B. **Strategic Supply Management: Principles, Theories and Practice**. Financial Times/Prentice Hall, Harlow, 2008.

CRESWELL, J.W. **Research design - qualitative, quantitative and mixed methods approaches**. New York: Sage, 2009.

DE BOER, L., LABRO, E., MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v.7, p. 75–89, 2001.

DESPEISSE, M.; BALL, P. D.; EVANS, S.; LEVERS, A. Industrial ecology at factory level - a conceptual model. **Journal of Cleaner Production**, v.31, p.30-39, 2012.

DESPEISSE, M.; MBAYE, F., BALL, P.; LEVERS, A. The emergence of sustainable manufacturing practices. **Production Planning & Control**, v.23, n.5, p.354-376, 2011.

EISENHARDT, L. M. Building theory from case study research. **The Academy of**

Management Review, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

ENARSSON, L. Evaluation of suppliers: how to consider the environment. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v.28, p.5-17, 1998.

ERICKSON, P. A. **A practical guide to environmental impact assessment**. San Diego: Academic, 1994. 266 p.

FEDERICI, M.; ULGIATI, S.; BASOSI, R. A thermodynamic, environmental and material flow analysis of the Italian highway and railway transport systems. **Energy**, v.33, n.1, p. 760-775, 2008.

FET, A .M., MICHELSEN, O., DE BOER, L. Green public procurement in practice - the case of Norway. **Society and Economy**, v.33, p.183-198, 2011.

FRANZESE, P. P.; CAVALETT, O.; HÄYHÄ, T.; D'ANGELO, S. **Integrated Environmental Assessment of Agricultural and Farming Production Systems in the Toledo River Basin (Brazil)**. UNESCO-IHP, 71p., 2013.

FREEMAN, A. M.; HAVEMAN, R. H.; KNEESE, A. V. **The economics of environmental policy**. New York: John Wiley & Sons, 1973.

FUKUDA, Y. Optimal policies for the inventory problem with negotiable leadtime. **Management Science**, v.10, n.4, p. 690-708, 1964.

GANESHAN, R.; TYWORTH, J. E.; GUO, Y. Dual sourced supply chains: The discount supplier option. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 35, n. 1, p. 11-23, 1999.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. B. V. **Ecologia Industrial: Conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H.; SILVA, I. R.; ALMEIDA, C. M. V. B. Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference. **Journal of Cleaner Production**, v.16, n.1, p. 1106-1117, 2008.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIUDICE, F.; LA ROSA, G.; RISITANO, A. **Product design for the environment. A life cycle approach**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006.

GLOCK, C. H. Single sourcing versus *dual sourcing* under conditions of learning. **Computers and Industrial Engineering**, v. 62, n.1, p. 318-328, 2012. DOI:10.1016/j.cie.2011.10.002.

GOVINDAN, K.; RAJENDRAN, S.; SARKIS, J.; MURUGESAN, P. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. **Journal of Cleaner Production**, v.98, p. 66-83, 2015. DOI:10.1016/j.jclepro.2013.06.046.

GRAEDEL, T. E.; HOWARD-GRENVILLE, J. A . **Greening the Industrial Facility: Perspectives, Approaches, and Tools**. New York: Springer, 2005.

GUO, Y.; GANESHAN, R. Are more suppliers better? **Journal of the Operational Research Society**, v. 46, n. 5, p. 892-896, 1995.

HANDFIELD, R., WALTON, S.V., SROUFE, R., MELNYK, S. A. Applying environmental criteria to supplier assessment: a study in the application of the Analytical Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v.141, p.70-87, 2002.

HAYYA, J.C.; CHRISTY, D.C.; PAN, A.C. Reducing inventory uncertainty: a reorder point system with two vendors. **Production and Inventory Management**, p. 43-49, 1987.

HE, B.; HUANG, H.; YUAN, K. The comparison of two procurement strategies in the presence of supply disruption. **Computers & Industrial Engineering Journal**, v.85, p. 296-305, 2015. DOI:10.1016/j.cie.2015.03.019.

HEESE, H. S. Single versus multiple sourcing and the evolution of bargaining positions. **Omega Journal**, v.54, p. 125-133, 2015. DOI:10.1016/j.omega.2015.01.016.

HILL, R.M. Order splitting in continuous review (Q,r) inventory models. **European Journal of Operational Research**, v. 95, p. 53-61, 1996.

HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. **European Journal of Operational Research**, v.202, n.1, p. 16-24, 2010. DOI:10.1016/j.ejor.2009.05.009.

HOLLIDAY, C.; SCHMIDHEINY, S.; WATTS, P. **Cumprindo o prometido: Casos de sucesso de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Campos, 2002.

HONG, J.; HAYYA, J.C. Just-In-Time purchasing: single or multiple sourcing? **International Journal of Production Economics**, v. 27, p. 175-181, 1992.

HUANG, S.H., KESKAR, H. Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. **International Journal of Production Economics**, v.105, p.510-523, 2007.

HUPPES, G.; ISHIKAWA, M. Eco-efficiency and Its Terminology. **Journal of Industrial Ecology**, v.9, n.4, p.43-46, 2005. DOI:10.1162/108819805775247891.

IGARASHI, M.; DE BOER, L.; MAGERHOLM A. F. What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development. **Journal of Purchasing & Supply Management**, v.19, p.247-263, 2013. DOI:10.1016/j.pursup.2013.06.001.

JIN, Y.; RYAN, J. K. Price and Service Competition in an Outsourced Supply Chain. **Production and Operations Management**, v.21, n.2, p. 331-344, 2012. DOI:10.1111/j.1937-5956.2011.01247.x.

KARLSSON, R.; LUTTROPP, C. Ecodesign: what's happening? An overview of the subject area of ecodesign and of the papers in this special issue. **Journal of Cleaner Production**, v.14, p.1291-1298, 2006.

KELLE, P.; MILLER, P. A. Stockout risk and order splitting. **International Journal of Production Economics**, v.71, n.1-3, p.407-415, 2001. DOI:10.1016/S0925-

5273(00)00137-7.

KELLE, P.; SILVER, E.A. Decreasing expected shortages through order splitting. **Engineering Costs and Production Economies**, v.19, p.351-357, 1990b.

KELLE, P.; SILVER, E.A. Safety stock reduction by order splitting. **Naval Research Logistics**, v.37, p.725-743, 1990a.

KOHLRAUSCH, A. K. **A Rotulagem Ambiental no Auxílio à Formação de Consumidores Conscientes**. Dissertação de Mestrado - UFSC. Florianópolis, 2003.

LAMMING, R., HAMPSON, J. The environment as a supply chain management issue. **British Journal of Management**, v.7, p.45-62, 1996.

LAO, H.; ZHAO, L.G. Optimal ordering policies with two suppliers when lead times and demands are all stochastic. **European Journal of the Operational Research Society**, v.68, p.120-133, 1993.

LARSON, P.D.; KULCHISKY, J.D. Single sourcing and supplier certification: performance and relationship implications. **Industrial Marketing Management**, v.27, n.1, p.73-81, 1998.

LAURENT LIM, L.; ALPAN, G.; PENZ, B. Reconciling sales and operations management with distant suppliers in the automotive industry: A simulation approach. **International Journal of Production Economics**, v.151, p.20-36, 2014. DOI:10.1016/j.ijpe.2014.01.011.

LEE, A. H. I.; KANG, H. Y.; HSU, C. F.; HUNG, H. C. A green supplier selection model for high-tech industry. **Expert System with Applications**, v.36, n.4, p. 7917-7927, 2009. DOI:10.1016/j.eswa.2008.11.052.

LEHNI, M. **Eco-efficiency: Creating more value with less impact**. Switzerland: WBCSD, 2000.

LLOYD, M. How green are my suppliers? Buying environmental risk. **Purchasing & Supply Management**, v.1, p.36-39, 1994.

LUND, R. T. Remanufacturing. **Technology Review**, v.87, n.2, 1984.

MALLIDIS I.; VLACHOS, D.; IAKOVOU, E.; DEKKER, R. Design and planning for green global supply chains under periodic review replenishment policies. **Transportation Research Part E**, v.72, p.210-235, 2014.

MANO, E. B.; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

MICKWITZ, P.; MELANEN, M.; ROSENSTRÖM, U.; SEPPÄLÄ, J. Regional eco-efficiency indicators: a participatory approach. **Journal of Cleaner Production**, v.14, n.18, p.1603-1611, 2006.

MOINZADEH, K.; NAHMIAS, S. A continuous review model for an inventory system with two supply modes. **Management Science**, v.34, n.6, p.761-773, 1988.

MOINZADEH, K.; SCHMIDT, C. P. An (S-1, S) inventory system with emergency orders. **Operations Research**, v.39, n.2, p.308-321, 1991.

MONACO, A.; MATTEO, D. U. Life cycle analysis and cost of a molten carbonate fuel cell prototype. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.36, n.1, p. 8103-8111, 2011.

MOURA, L. A. A. **Economia ambiental: gestão de custos e investimentos**. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2000.

NAKANO, D. Métodos de pesquisa adotados na Engenharia de Produção e gestão de operações. In: MIGUEL, P. A. C. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. São Paulo: Elsevier, 2012.

NIGEL, J.; JONATHAN, L.; MURRAY, P. Aggregate eco-efficiency indices for New Zealand da principal components analysis. **Journal of Environmental Management**, v.73, n.4, p.293-305, 2004.

NOCI, G. Designing green vendor rating systems for the assessment of a supplier's environmental performance. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v.3, p.103-114, 1997.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1998.

OLIVEIRA NETO, G. C.; CHAVES, L. E. C.; VENDRAMETTO, O. Vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de polietileno em uma empresa de fabricação de borracha. **Exacta**, v.8, n.1, p. 65-80, 2010.

OLIVEIRA NETO, G. C.; CHAVES, L. E. C.; VENDRAMETTO, O.; SACOMANO, J. B. **A Implementação da produção mais Limpa na Indústria de borracha – um estudo de caso**. In: INTERNACIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009. **Anais Eletrônicos...** São Paulo: IWACP, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/5a/2/g.%20c.%20oliveira%20neto%20-%20resumo%20exp.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2014.

OLIVEIRA NETO, G. C.; VENDRAMETTO, O.; AZZOLINI JÚNIOR, W.; BONILLA, S. H. Planejamento e controle da produção com educação ambiental: um estudo de caso em uma empresa do segmento químico. **Revista Uniara**, v.15, n.1, p. 54-77, 2012.

OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. **Produção on Line**, v.20, n.3, p.429-438, 2010. DOI:10.1590/S0103-65132010005000013.

PAN, A.C.; RAMASESH, R.V.; HAYYA, J.C.; ORD, J.K. Multiple sourcing: the determination of lead time. **Operations Research Letters**, v.14, p.1-7, 1991.

PAOLI, F. M.; OLIVEIRA NETO, G. C.; LUCATO, W. C. Economic and environmental gains resulting from the utilization of the design for the environment (DfE). **Espacios**, v.34, n.12, p.1-11, 2013.

PAPANEK, V. **Design for the Real World: Human Ecology and Social Change**. New York: Pantheon Books, 1971.

PARIKKA-ALHOLA, K. Promoting environmentally sound furniture by green public procurement. **Ecological Economics**, v.68, p.472-485, 2008.

PATTON, M. Q. **Qualitative evaluation and research methods**. Newbury Park: Sage, 1990.

PEREIRA, L. F. R. **Aspectos Conceituais da Eco-eficiência no contexto do desenvolvimento sustentável**. 2005. Dissertação de Mestrado, Niterói, 2005.

QI, L.; SHI, J.; XU, X. Supplier Competition and its Impact on Firm's Sourcing Strategy. **Omega Journal**, v.55, p. 91-110, 2015. DOI:10.1016/j.omega.2015.02.005.

RAMASESH, R.V.; ORD, J.K.; HAYYA, J.C. Note: *dual sourcing* with non-identical suppliers. **Naval Research Logistics**, v. 40, p. 279-288, 1993.

RAMASESH, R.V.; ORD, J.K.; HAYYA, J.C.; PAN, A.C. Sole versus *dual sourcing* in stochastic lead-time(s,Q) inventory models. **Management Science**, v.37, p.428-443, 1991.

RIBEIRO, V. P. L.; GUZMÁN, C. A.; MONTEIRO, S. M. S.; GUZMÁN, B. A. Determining factors of environmental management practices in Portugal local entities. **Management of Environmental Quality**, v.23, n.5, p.486-502, 2010.

RIO, M.; REYES, T.; ROUCOULES, L. A framework for eco-design: an interface between LCA and design process. **International Journal of Engineering**, v.9, n.1, p. 121-126, 2011. ISSN: 1584-2665.

RITTHOF, M.; ROHN, H.; LIEDTKE, C. Calculating MIPS: Resource productivity of products and services. **Wuppertal Inst. for Climate, Environment and Energy**, v.27e, 52p. 2002.

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A. A safe operating space for humanity. **Nature**, v.461, p.472-475, 2009.

ROSENSHINE, M.; OBEE, D. Analysis of a standing order inventory system with emergency orders. **Operations Research**, v.24, n.6, p.1143-1155, 1976.

ROWLAND-JONES, R.; CRESSER, M. An evaluation of current environmental management systems as indicators of environmental performance. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v.16, n.3, p.211-219, 2005.

SAJADIEH, M. S.; THORSTENSON, A. Comparing sourcing strategies in two-echelon supply chains. **Computers and Operations Research**, v.45, p.108-115, 2014. DOI:10.1016/j.cor.2013.12.006.

SANTOS, M. F. R. F.; XAVIER, L. S.; PEIXOTO, J. A. A. Estudo do indicador de sustentabilidade "Pegada Ecológica": uma abordagem teórico-empírica. **Revistas Gerenciais**, v.7, n.1, p. 29-37, 2008.

SCHELLER-WOLF, A.; VEERARAGHAVAN, S. K.; VAN HOUTUM, G. J. **Effective dual sourcing with a single index policy**. Philadelphia: Working paper, Wharton at the University of Pennsylvania, 2006.

SCULLI, D.; SHUM, Y.W. Analysis of continuous review stock-control model with

multiple suppliers. **Journal of the Operational Research Society**, v.419, p.873-877, 1990.

SCULLI, D.; WU, S.Y. Stock control with two suppliers and normal lead times. **Journal of the Operational Research Society**, v.32, p.1003-1009, 1981.

SEAGER, T. P.; THEIS, T. L. An Uniform definition and quantitative basis for industrial ecology. **Journal of Cleaner Production**, v.12, p.225-235, 2002.

SEPPÄLÄ, J.; MELANEN, M.; MÄENPÄÄ, I.; KOSKELA, S.; TENHUNEN, J.; HILTUNEN, M.R. How can the eco-efficiency of a region be measured and monitored? **Journal of Industrial Ecology**, v.9, n.4, p.117-30, 2005.

SEREL, D. Production and pricing policies in *dual sourcing* supply chains. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v.76, p.1-12, 2015. DOI:10.1016/j.tre.2015.01.007.

SETTHASAKKO, W. Barriers to the development of environmental management accounting: an exploratory study of pulp and paper companies in Thailand. **EuroMed Journal Business**, v.5, n.3, p.315-331, 2010.

SHAIK, M., ABDUL-KADER, W. Green supplier selection generic framework: a multi-attribute utility theory approach. **International Journal of Sustainable Engineering**, v.4, p.37-56, 2011.

SHEN, T. **Industrial Pollution Prevention**. Springer, 1995.

SILVA, G. C. S.; MEDEIROS, D. D. Environmental management in Brazilian companies. **Management of Environmental Quality**, v.15, n.4, p.380-388, 2004.

SIRIKASEMSUK, K.; LUONG, H. T. Measure of bullwhip effect - a *dual sourcing* model. **International Journal of Operational Research**, v.20, n.4, p.396, 2014. DOI:10.1504/IJOR.2014.063149.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Eco-eficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde. **Cadeia da Saúde Pública**, v.21, n.6, p.1893-1900, 2005.

SONG, J.S., ZIPKIN, P.H. **Inventories with multiple supply sources and network of queues with overflow bypasses**. Management Science Forthcoming, 2008.

SPINELLI, D.; JEZ, S.; POGNI, R.; BASOSI, R. Environmental and life cycle analysis of a biodiesel production line from sunflower in the Province of Siena (Italy). **Energy Policy**, v.59, n.1, p.492-506, 2013.

STAMM, C. L., GOLHAR, D. Y. JIT purchasing: attribute classification and literature review. **Production Planning and Control**, v.4, p.273-282, 1993.

SU, P.; LIU, S. *Dual sourcing* in managing operational and disruption risks in contract manufacturing. **International Journal of Production Research**, v.53, n.1, p.291-306, 2014. DOI:10.1080/00207543.2014.957876.

TAEKO, A.; TAKAYUKI, M. "Ecological Rucksack" of High-Definition TVs. **Materials Transactions**, v.46, n.12, p.2561-2566, 2005.

TAGARAS, G.; VLACHOS, D. A periodic review inventory system with emergency replenishments. **Management Science**, v.47, n.3, p.415-429, 2001.

TORRES, A. J. R.; MAHMOODI, F.; LOPEZ, F. J. Supplier allocation and safety stock determination based on supplier reliability. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v.7, n.4, p. 412, 2010. DOI:10.1504/IJLSM.2010.035630.

UNCTAD - United Nations Conference On Trade And Development. **Integrating environmental and financial performance at the enterprise level: a methodology for standardizing eco-efficiency indicators**. Geneva: United Nations Publication, 2003.

UNIDO/UNEP (United Nations Industrial Development Organization / United Nations Environment Programme). **Cleaner production assessment manual. Part One**. Introduction to cleaner production, 1995.

VAN BERKEL, R. Cleaner production and eco-efficiency. In: MARINOVA, D.; ANNANDALE, D.; PHILLIMORE, J. **The International Handbook on Environmental Technology Management**. Edward Elgar, pp. 67-92, 2006.

VAN WEELE, A. J. **Purchasing & Supply Chain Management: Analysis, Strategy, Planning and Practice**. Cengage Learning, Andover, 2010.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; OLIVEIRA, I. L. Proposta de Integração da ISO 14001 e PML: Caso UTFPR-PG. **Revista eletrônica Produção & Engenharia**, v.2, n.1, p.96-109, 2009.

VEERARAGHAVAN, S. K.; SCHELLER-WOLF, A. Now or later: Simple policy for effective *dual sourcing* in capacitated systems. **Operations Research Forthcoming**, 2006.

VENDRAMETTO, O.; PALMERI, N.; OLIVEIRA NETO, G. C.; PERRETI, O. A. Cleaner Production: A growing movement in Brazilian companies. **Revista Produção Online**, v.10, n.1, p.49-70, 2010. ISSN: 1676-1901.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth**. Vancouver: New Society. 1996.

WALTON, S.V., HANDFI ELD, R.B., MELNYK, S.A. The green supply chain: integrating suppliers into environmental management processes. **Journal of Supply Chain Management**, v.34, p.2-11, 1998.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development. **Measuring eco-efficiency: a guide to reporting company performance**. Geneva: WBCSD; 2000.

WEBER, C.A. , CURRENT, J.R., BENTON, W.C. Vendor selection criteria and methods. **European Journal of Operational Research**, v.50, p.2-18, 1991.

WHITTEMORE, A. S.; SAUNDERS, S. C. Optimal inventory under stochastic demand with two supply options. **SIAM Journal of Applied Mathematics**, v.32, n.2, p.293-305, 1977.

WU, C., BARNES, D. A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v.17, p.256-274, 2011.

WUPPERTAL Institute. **Table of Material intensity of materials, fuels and transport services**.http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/MIT_2014.pdf. Accessed July 12, 2015.

XU, W.; BECKER, G. Environmental Impact Assessment of Wood Pulp from a Eucalyptus Plantation in South China by Using Life-Cycle Analysis. **Forest Products Journal**, v.62, n.5, p.365–372, 2012.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YU, Haisheng; ZENG, Amy Z.; ZHAO, Lindu. Single or *dual sourcing*: decision-making in the presence of supply chain disruption risks. **Omega - The International Journal of Management Science**, v.37, n.4, p.788-800, 2009. DOI:10.1016/j.omega.2008.05.006.

ZENG, A. Z.; XIA, Y. Building a mutually beneficial partnership to ensure backup supply. **Omega Journal**, v.52, p.77-91, 2015. DOI:10.1016/j.omega.2014.10.008.

ZHANG, B.; BI J.; FAN, Z. Y.; YUAN, Z. W.; GE, J. J. Eco-efficiency analysis of industrial system in China: a data envelopment analysis approach. **Ecology Economy**, v.68, n.1-2, p.306-16, 2008.

ZHANG, W. J.; LUO, J. W. Analysis on supply emergency management based on dual-source. **Journal of Shanghai Jiaotong University**, v.47, n.3, 2013. ISSN: 10062467.

ZHU, S. X. Dynamic replenishment from two sources with different yields, costs, and leadtimes. **International Journal of Production Economics**, v.165, p.79-89, 2015.

ZIPKIN, P. H. **Foundations of Inventory Management**. New York: McGraw-Hill, 2000.