

# TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

## **PROPOSTA DE FERRAMENTA DE GESTÃO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL E FINANCEIRO BASEADA NAS METODOLOGIAS DE ACV E ACCV.**

Gabriela da Silva Miranda

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares

2012.2





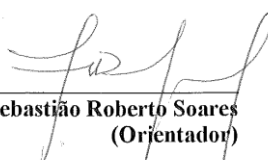
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL**

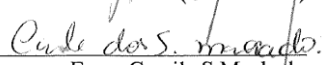
**PROPOSTA DE FERRAMENTA DE GESTÃO PARA  
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL E  
FINANCEIRO BASEADA NAS METODOLOGIAS DE ACV E  
ACCV.**


**GABRIELA DA SILVA MIRANDA**

Trabalho submetido à Banca Examinadora  
como parte dos requisitos para Conclusão do  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária  
e Ambiental–TCC II

**BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares**  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Enga. Camile S Machado  
(Membro da Banca)

  
\_\_\_\_\_  
Ma. Cristiane Maria de Léis  
(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
FEVEREIRO/2013**

Miranda, Gabriela da Silva.

Proposta de ferramenta de gestão para avaliação de desempenho ambiental e financeiro baseada nas metodologias de ACV e ACCV./ Gabriela da Silva Miranda. Florianópolis. Centro Tecnológico -CTC – Universidade Federal do Estado de Santa Catarina – UFSC, 2013, 68 f.

## AGRADECIMENTOS

Depois de cinco anos e meio da minha louca, e hoje não vejo melhor palavra, louca decisão de fazer dois cursos de graduação, chegou a hora de agradecer.

Agradeço a Instituição UFSC, por abrir minha cabeça para o mundo, me fazer enxergar além do muro e perceber que eu posso ir muito mais longe do que os limites do meu quintal.

Ao meu orientador, Professor Sebastião, agradeço o exemplo e a inspiração, pelas excelentes aulas e vontade de ensinar, por toda dedicação, comprometimento com a profissão, paciência e orientação.

Ao meu co-orientador, pela coragem em me ajudar, pela paciência, pela persistência, pela generosidade em compartilhar o que sabe, pelas conversas no laboratório na “ilha mais legal”, pelo “Ned Kelly” e pelas minhas primeiras ferramentas (de chocolate). Obrigada!

Ao GPACV e seus membros, pelo aprendizado e apoio, por despertarem meu interesse real em aprender cada vez mais sobre ACV. Pelos dias de trabalho, pelos cafés, conversas, e apoio.

À Turma ENS 07.2., Tenho orgulho de fazer parte dessa turma, composta de pessoas completamente diferentes, mas que conseguiram se relacionar tão bem. Guardo todos no meu coração!

Aos colegas de trabalho em Joinville, pela força nas horas mais complicadas, pelos ensinamentos, por me receberem tão bem e por todo auxílio no desenvolvimento deste projeto.

Às minhas amigas queridas, de anos, que entenderam essa ausência contínua nesses 11 semestres, mas que se fizeram presentes sempre, tendo tanto carinho e atenção comigo. Agora é tudo nosso!

Ao Gabriel, por ter tornado este último semestre no mais prazeroso de todos. Pela paciência, confiança, carinho e compreensão. Por nós e por tudo que és para mim. Por me apoiar nos meus planos para o futuro e sonhá-los junto comigo. Ainda vamos dominar o mundo!

Aos meus pais, agradeço por toda a minha vida. Em especial, pelos últimos cinco anos, sofrendo com as provas juntos, comemorando os cálculos passados juntos, por estarmos sempre JUNTOS. Não teria conseguido sem o suporte e dedicação de vocês. Agradeço à minha irmã Carolina, pela amizade e cuidado. Por ser um exemplo de profissional e de pessoa. Por tornar minha vida mais fácil e estar sempre disposta a me ajudar. Mais uma vez digo que esse diploma é nosso!

Por fim agradeço a Deus, pela benção da vida e pela honra de compartilhar estes momentos com pessoas tão especiais e que foram fundamentais nessa conquista. Obrigada!

*"E o mais importante, tenha a coragem de seguir seu coração e sua intuição. Eles de alguma forma já sabem o que você realmente quer se tornar."*

**Steve Jobs**

## RESUMO

Como resposta a crescente preocupação com o meio ambiente, o mercado está abrindo espaço para empresas que tenham como prática em seus negócios políticas e programas de gestão ambiental, que comprovem sua preocupação para com o meio ambiente. Para avaliar a situação ambiental nas empresas, criou-se uma ferramenta de gestão interna para a avaliação do desempenho ambiental e financeiro. A Análise de Ciclo de Vida (ACV) está se concretizando como uma metodologia de prestígio na avaliação de desempenho ambiental. Na busca por torná-la mais aplicável, diversos métodos de simplificação já foram criados, entre eles, as matrizes de avaliação. Buscando uma análise mais completa e estratégica, começam a serem estudadas maneiras de integrar a ACV, com análises financeiras, como a Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV). A ACCV vem sendo usada de forma generalizada como uma ferramenta de engenharia, porém cada vez mais está sendo utilizada como uma ferramenta de gestão, como análise de custos. Este TCC propôs uma ferramenta de gestão interna para avaliar o desempenho ambiental e financeiro com base nas simplificações das metodologias de ACV e ACCV. A ferramenta é composta por *checklists*, matriz de avaliação e gráfico de desempenho individual, tanto para meio ambiente quanto para Custos. Por fim, é gerado um gráfico consolidado com as informações ambientais e de custos cruzadas, proporcionando uma visualização da postura ambiental da empresa em todos os estágios do ciclo de vida.

**Palavras Chave:** ACV, ACCV, Desempenho ambiental, Desempenho financeiro.

## ABSTRACT

Market is opening space for companies that have the practice in their business of policies and environmental management programs, demonstrating his concern for the environment. To assess the environmental situation in the companies was created an internal management tool for assessing the environmental and financial performance. A Life Cycle Analysis (LCA) is being realized as a prestige methodology in environmental performance evaluation. Seeking by making it more applicable, many simplification methods have been created, including the evaluation matrices. To make this assessment more complete and strategic have being studied ways to integrate LCA with financial analyzes such as Life Cycle Costing Analysis (LCCA). The LCCA, has been widely used as an engineering tool, but increasingly is being used as a management tool, such as cost analysis. This study proposed an internal management tool to evaluate the environmental and financial performance based on simplifications of the methodologies of LCA and LCCA. The tool consists of checklists, assessment matrix and individual performance graph, both for the environment and for costs. Finally, a graph is generated consolidated with the environmental and cost information Crusades, providing a preview of the company's environmental stance at all stages of the life cycle.

**Keywords:** LCA, LCCA, Environmental Performance, Financial Performance.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estágios da tomada de decisão .....	16
Figura 2: Fases da ACV .....	18
Figura 3: <i>Environmentally Responsible Product Assessment Matrix</i> ...	21
Figura 4: Esquema da ACCV.....	24
Figura 5: Layout <i>checklist</i> ambiental. ....	28
Figura 6: <i>Checklist</i> ambiental aberto. ....	30
Figura 7: Layout <i>Checklist</i> Custos. ....	32
Figura 8: Matriz de Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada.....	33
Figura 9: Matriz de Avaliação do Custo de Ciclo de Vida .....	34
Figura 10: Layout da janela Matrizes de Avaliação.....	35
Figura 11: Gráfico de desempenho ambiental individual .....	36
Figura 12: Gráfico do desempenho de custos individual. ....	37
Figura 13: Exemplificação de análise do desempenho ambiental e financeiro. ....	38
Figura 14: Desempenho ambiental e financeiro para o cenário 1 .....	44
Figura 15: Desempenho ambiental e financeiro para o cenário 2 .....	46
Figura 16: Desempenho ambiental e financeiro para o cenário 3 .....	48
Figura 17: Desempenho ambiental e financeiro para o cenário 4 .....	50
Figura 18: “MENU” da ferramenta.....	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferenças entre ACV e ACCV .....	26
Quadro 2: Características ambientais e financeiras para o cenário 1. ...	39
Quadro 3: Características ambientais e financeiras para o cenário 2. ...	40
Quadro 4: Características ambientais e financeiras para o cenário 4. ...	41
Quadro 5: Características ambientais e financeiras para o cenário 4. ...	42
Quadro 6: Afirmações do <i>Checklist</i> de Análise do desempenho Ambiental .....	56
Quadro 7: Questões do <i>Checklist</i> de Análise de Custos.....	64

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	12
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO .....	15
2.2	ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.....	16
2.3	ANÁLISE DO CICLO DE VIDA SIMPLIFICADA .....	19
2.3.1	<i>Matriz de avaliação de produto ambientalmente responsável (ERPA).</i>	20
2.4	ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA .....	23
2.5	INTEGRAÇÃO ENTRE ACV E ACCV .....	25
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	27
3.2	CRIAÇÃO DA FERRAMENTA DE GESTÃO INTERNA.....	27
3.2.1	<i>Checklist Ambiental</i>	28
3.2.2	<i>Checklist de Custos</i>	31
3.2.3	<i>Matrizes de avaliação .</i>	33
3.2.4	<i>Gráfico de análise do desempenho ambiental e financeiro</i>	37
3.3	VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA.....	39
3.3.1	<i>Cenário 1</i>	39
3.3.2	<i>Cenário 2</i>	40
3.3.3	<i>Cenário 3</i>	40
3.3.4	<i>Cenário 4</i>	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
4.1	RESULTADOS CENÁRIO 1.....	43
4.2	RESULTADOS CENÁRIO 2.....	45
4.3	RESULTADOS CENÁRIO 3.....	47
4.4	RESULTADOS CENÁRIO 4.....	49
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>
	<b>APÊNDICE A – “CHECKLIST AMBIENTAL” .....</b>	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE B – CHECKLIST DE CUSTOS.....</b>	<b>64</b>

<b>APÊNDICE C – “MENU” .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE D – CD – FERRAMENTA DE ANÁLISE DE DESEMPENHO AMBIENTAL E FINANCEIRO .....</b>	<b>68</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Uma maior preocupação com o meio ambiente vem potencializando o mercado e abrindo espaço para empresas que tenham como prática em seus negócios, certificações, técnicas, políticas, desenvolvidas para comprovar sua preocupação para com o meio ambiente. Porém, o processo de absorção dos conceitos ambientais no mundo corporativo ainda é desenvolvido, muitas vezes, de maneira reativa, atrelados a obrigações legais ou visando às certificações e selos ambientais que agregam visibilidade para a companhia.

Quando realmente existe um amadurecimento na gestão ambiental na organização, esta passará por um movimento em busca da sustentabilidade, conseguindo assim agregar a questão do meio ambiente nos seus planejamentos estratégicos. O alcance deste estágio inclui a adoção de regras rígidas de conduta ética e de responsabilidade social para com suas partes interessadas (LEAL, 2009).

Como consequência ao aumento da questão ambiental no mundo dos negócios, cresce a busca por ferramentas suporte que garantam uma visualização do problema ambiental e façam uma análise que forneça subsídios para tornar o processo de tomada de decisão mais ágil e confiável.

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) está se concretizando como uma metodologia reconhecida e de prestígio na avaliação de desempenho ambiental de produtos e sistemas de produção (HUNT *et al*, 1998). Porém seu desenvolvimento é dispendioso e demorado, trazendo a oportunidade da elaboração de versões simplificadas da sua metodologia. Ainda sim, um estudo ambiental isolado pode ter limitações quanto a sua aplicabilidade em um processo de tomada de decisão estratégica (NORRIS, 2001).

Para tornar a ACV ainda mais estratégica e aplicável, comecem ser estudadas maneiras de integrar os resultados de análises ambientais, como a ACV, com análises financeiras, como a Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV). A ACCV vem sendo usada de forma generalizada como uma ferramenta de engenharia, auxiliando ao desenvolvimento de projetos e processo de aquisição de materiais. Porém cada vez mais vem sendo aplicada também como uma ferramenta de gestão, como análise de custos (ASSIS; JULIÃO, 2009). A integração destas duas metodologias surge então como uma forma de avaliação mais completa e compreensível (HEIJUNGS; SETANNI; GUINÉE, 2012).

Leal (2009), afirma que os princípios da sustentabilidade só conseguem agregar valor para as empresas se, e somente se, aplicados de maneira integrada a um conjunto de estratégias que envolvam suas questões internas e que englobem as diversas dimensões da sustentabilidade. Seguindo este pensamento, o presente trabalho, busca propor uma ferramenta de gestão interna para avaliação do desempenho ambiental e financeiro que auxilie no processo de amadurecimento das organizações quanto à questão ambiental, abrangendo assim, dois dos três pilares da sustentabilidade (econômico e ambiental).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Propor uma ferramenta interna de gestão para realização da análise ambiental e financeira, baseada nas metodologias de ACV e ACCV.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar revisão bibliográfica para fundamentação teórica deste trabalho;
- b) Apresentar matriz para análise de ciclo de vida (ACV) simplificada e propor um *checklist* para preenchimento da mesma;
- c) Apresentar proposta de matriz de custos, e seu respectivo *checklist*, para realização de uma análise do custo do ciclo de vida simplificada, com base na metodologia da ACV simplificada;
- d) Apresentar proposta de um gráfico de desempenho ambiental e financeiro consolidados
- e) Criar ferramenta de gestão interna no programa EXCEL, que integre todos os passos necessários para a análise de desempenho ambiental e financeiro consolidados;
- f) Validar as matrizes de análise de ciclo de vida, ambiental e custos, simplificadas e o gráfico de desempenho com dados por meio da análise de cenários hipotéticos criados.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

No atual ambiente de negócios onde tudo se modifica tão rapidamente a agilidade para tomar decisões corretas pode ser um diferencial no mercado (BATEMAN; SNELL, 2010). Uma das formas de elaborar um processo de tomada de decisão confiável e ágil é ter a disposição ferramentas de apoio que garantam uma visualização do problema e façam uma análise que forneça subsídios a este processo decisório. A necessidade de uma ferramenta de apoio bem elaborada é confirmada nos dados apresentados pelo IBGE (2008), onde se verificou que 24% das empresas fecham no primeiro ano de exercício, ficando clara a dificuldade de uma tomada de decisão acertada.

A questão ambiental, vem se tornando um assunto em pauta no ambiente empresarial seja na busca por certificações como a ISO, ou uma melhor imagem social. Um dos estudos que está se concretizando como uma metodologia reconhecida e de prestígio na avaliação de desempenho ambiental de produtos e sistemas de produção é a Análise de Ciclo de Vida (Hunt *et al* 1998). Todavia, autores afirmam que para a execução desta metodologia de avaliação faz-se necessário disponibilizar grande dedicação de tempo, podendo também implicar em altos custos (HUR *et al*, 2005; HUNT *et al*, 1998; GRAEDEL, 1996; WEITZ *et al*, 1996). Cria-se um cenário onde, a demanda por estudos de avaliação de ciclo de vida se torna mais valorizado, porém na maioria das empresas, essa mesma demanda era pausada por problemas quanto à sua aplicabilidade. Diante destas dificuldades surge um grande interesse para que fossem elaboradas metodologias de simplificação de ACV que facilitassem sua aplicação (Hunt *et al*, 1998).

Porém ainda assim um estudo ambiental isolado pode ter limitações quanto à sua influência e relevância no processo de tomada de decisão, especialmente, pela incapacidade de capturar as relações entre consequências ambientais e custos, inibindo a busca de uma melhor relação custo-benefício para melhorias ambientais (NORRIS, 2001).

Surgem então, pesquisas que analisam a possibilidade de unir estudos ambientais como a ACV, a estudos financeiros como a Análise do Custo de Ciclo de Vida. A ACCV de um dado produto e/ou sistema produtivo, tem sido cada vez mais empregada. A técnica está auxiliando as decisões tomadas durante o planejamento de cada produto, transformando-se, desta forma, em uma parte importante do projeto deste produto (JUNIOR, 2005).



Diante das variáveis expostas, justifica-se o presente trabalho que busca a integração de estudos ambientais e financeiros para formação de uma ferramenta de apoio para a tomada de decisão.

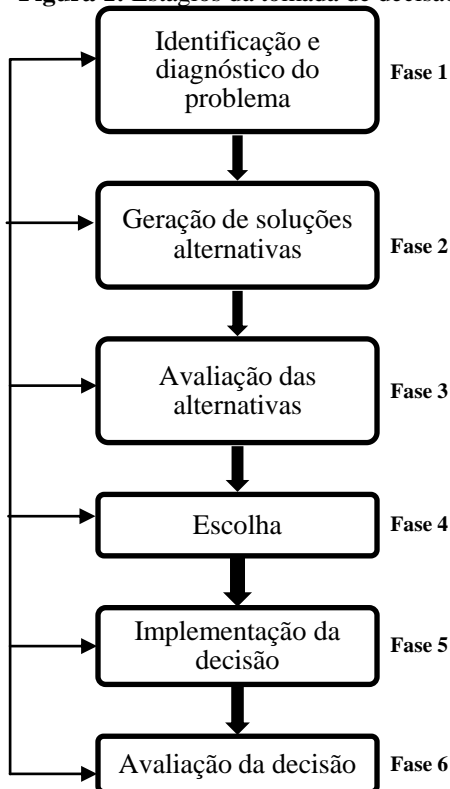
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO

Constantemente os administradores estão diante de processos decisórios. Muitas vezes são decisões simples, cotidianas e já possuem uma estrutura a ser seguida, são chamadas de decisões programadas (BATEMAN; SNELL, 2010). Para estes mesmos pesquisadores “decisões programadas são decisões já tomadas em situações anteriores e cujos resultados são objetivamente corretos e alcançáveis por meio de regras, políticas ou cálculos numéricos”.

Porém em outros casos o tomador de decisão estará diante a uma nova situação, são as chamadas decisões não programadas, decisões novas, singulares e complexas que não possuem resultados exatos e consequências comprovadas (BATEMAN; SNELL, 2010). Sobre o assunto, Woiler e Mathias (1996) comentam que o processo decisório na empresa é um processo que se dá sob condições de informação parcial, assim para garantir que as decisões tomadas sejam capazes de conduzir a empresa para a direção desejada, é necessário um processo de coleta e seleção de informações para alimentar o processo decisório. Logo, os responsáveis por esta difícil missão de decidir necessitam de subsídios que lhes permitam analisar a viabilidade de cada opção a fundo para que sempre o risco de erro seja mitigado.

Existem seis estágios a serem seguidos em um processo de tomada de decisão ideal, segundo Bateman e Snell (2010). A figura abaixo apresenta o fluxograma destes estágios a serem comentados nos parágrafos seguintes.

**Figura 1:** Estágios da tomada de decisão

**Fonte:** Bateman e Snell (2010).

As fases três e quatro, correspondem essencialmente aos estudos que fundamentem cada alternativa e a decisão respectivamente.

## 2.2 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

A avaliação do ciclo de vida de um produto, processo ou atividade tem por finalidade analisar todos os impactos, diretos e/ou potenciais, associados desde a extração das matérias primas até o descarte final, do berço ao túmulo, com o objetivo de apontar oportunidades de melhoria nos mesmos (CHEHEBE, 2002).

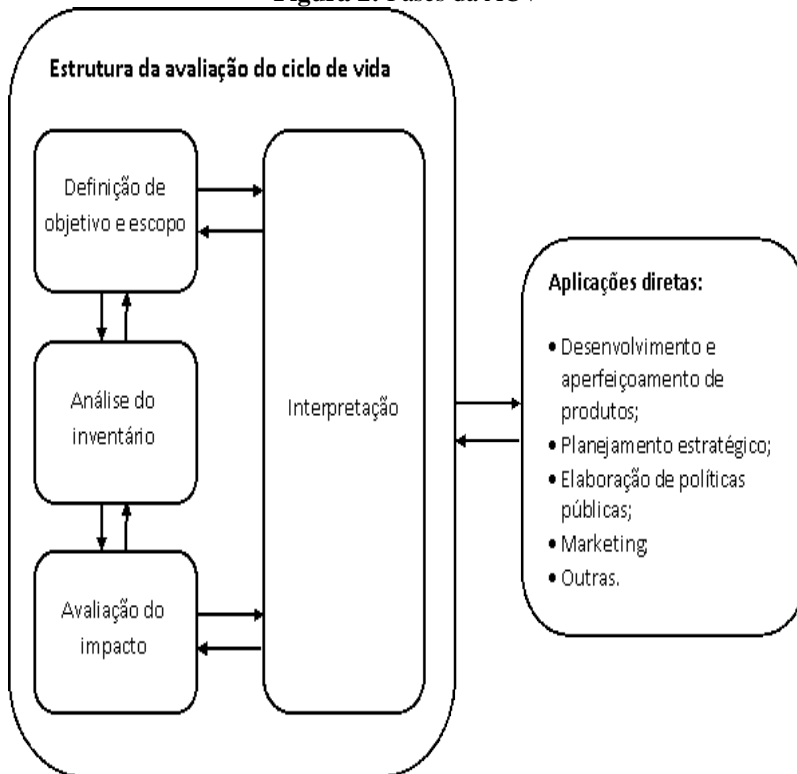
Essa metodologia surge como resposta a crescente conscientização sobre problemas ambientais causados pelas quantidades cada vez maiores de produtos, prestações de serviço e qualquer atividade que mova nosso desenvolvimento. Torna-se assim uma forma

de avaliar as inovações propulsoras do nosso crescimento tecnológico e econômico, mas também, capaz de identificar problemas nas atividades já instaladas a fim de remediá-las para tornar tangível o desenvolvimento sustentável.

Sua regulamentação está descrita nas normas NBR ISO 14040 – Gestão Ambiental – Avaliação de ciclo de vida. Princípios e estrutura (ABNT 2009a) – e também pela NBR ISO 14044 – Gestão Ambiental – Avaliação de ciclo de vida. Requisitos e orientações (ABNT 2009b). De acordo com as normas citadas a ACV (Avaliação de Ciclo de Vida) é capaz de subsidiar:

- A identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos em diversos estágios de seus ciclos de vida;
- O nível de informações dos tomadores de decisão, servindo de apoio a mesma, em indústrias, organizações governamentais ou não, podendo trazer diretrizes diferentes ao planejamento estratégico da organização como também na definição de prioridades em seus projetos;
- A seleção de indicadores ambientais relevantes, incluindo técnicas de medição;
- Ao marketing, tão difundido entre as organizações especialmente no âmbito ambiental para instalação de um esquema de rotulagem ambiental, na apresentação de uma reivindicação ambiental ou ainda para elaboração de declarações ambientais de produto por exemplo.

O estudo da ACV se divide em quatro etapas que envolvem a definição de objetivos e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e por fim a interpretação. Estas resultarão no subsídio para as aplicações já citadas acima, como está exemplificado pela Figura 1.

**Figura 2:** Fases da ACV

**Fonte:** NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a).

A primeira fase define a razão principal do projeto, sua abrangência e limites, a unidade funcional, metodologia de avaliação de impactos ambientais e os procedimentos considerados necessários para garantir a qualidade do estudo (CHEHEBE, 2002). Os limites do estudo são definidos através da fronteira do sistema, que será posicionada de acordo com o interesse do estudo e suas necessidades, podendo então ser analisado, por exemplo, apenas uma parte do ciclo de vida. Outra definição importante desta etapa é quanto à unidade funcional. De acordo com a NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a), o principal propósito da “unidade funcional é fornecer uma referência em relação à qual os dados de entrada e saída serão normalizados (no sentido matemático)”.

Seguindo as etapas propostas pela norma, o próximo passo é a realização do inventário do ciclo de vida, onde são quantificadas todas as entradas, matérias-primas, energias, transporte, e saídas, que são

todos os resíduos, coprodutos e emissões, gerados pela produção da unidade funcional. O cálculo das quantidades de entradas e saídas é realizado de acordo com as necessidades de produção para uma unidade funcional.

A terceira etapa, conforme Chehebe (2002), é a etapa da Avaliação de Impacto “representa um processo qualitativo e quantitativo de entendimento e avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais baseado nos resultados obtidos na análise do inventário”. Por se tratar de um procedimento complexo, normalmente faz uso de softwares especializado para estudos de ACV. Estes softwares possuem diversas bases de dados que podem ser utilizadas para completar o estudo de processos que nem sempre tem disposição de dados primários. A escolha dos impactos a serem avaliados e a metodologia de avaliação dependerão das escolhas realizadas na primeira etapa do estudo, na definição de objetivos e escopo.

Por fim, realiza-se a interpretação dos resultados apontados pelas fases anteriores. Por ser uma avaliação sistemática, de necessidades e oportunidades para reduzir as cargas ambientais associadas ao gasto energético, matérias-primas utilizadas e às emissões de resíduos em todo ciclo produtivo, esta fase torna-se subsídio para o processo de tomada de decisão com foco na melhoria contínua do processo.

A ACV está se concretizando como uma metodologia reconhecida e de prestígio na avaliação de desempenho ambiental de produtos e sistemas de produção (HUNT *et al* 1998).

Cria-se um cenário onde, a demanda por estudos de avaliação de ciclo de vida se tornava mais valorizada, porém na maioria das empresas, essa mesma demanda era pausada por problemas relacionados à falta de disponibilidade de recursos para realizá-los. Diante destes problemas surge um grande interesse para que fossem elaboradas metodologias de simplificação de ACV que facilitassem sua aplicação (Hunt *et al*, 1998).

### 2.3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA SIMPLIFICADA

A ACV simplificada é uma variação simplificada da Avaliação de ciclo de vida detalhada, que segue a metodologia normatizada pela série ISO 14040, apenas como guia e não estando totalmente de acordo com esta (HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003). Para Graedel, (1996), a ACV simplificada pode ser descrita como uma aproximação, que aprimora a eficiência também facilitando o tratamento de seus

resultados, mantendo as características desejáveis do conceito de um estudo de Análise do Ciclo de Vida. Essas características são:

- Considerar todos os estágios do ciclo de vida;
- Considerar todos os impactos ambientais;
- Apresentar os resultados de forma adequada para sua interpretação e ação.

Entre outras definições, Weitz *et al.* (1996), explicam que uma ACV simplificada se refere a uma maneira de conduzir o estudo de ACV reduzindo seu escopo, custo e os recursos necessários para sua execução. Para que esta redução de escopo seja possível, é necessário identificar aquelas áreas que podem ser omitidas ou simplificadas sem afetar significativamente os resultados gerais da análise (HUR *et al.*, 2005).

Em uma pesquisa realizada com mais de vinte praticantes e pesquisadores de ACV sobre técnicas de simplificação desta metodologia, Weitz *et al.* (1996) percebeu que na maioria das técnicas supostas estavam envolvidos um ou a combinação dos seguintes aspectos:

- Estreitar as fronteiras do estudo, especialmente na fase do inventário;
- Focar o estudo nos problemas de interesse;
- Uso de informações disponíveis;

Entretanto os autores ressaltam que não existe um consenso sobre um método específico para realizar esta simplificação nem sobre o uso apropriado dos resultados que ela poderia fornecer.

Existem diversos métodos criados para simplificar as avaliações do ciclo de vida e também estudos que avaliem seus desempenhos (HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003; HUNT *et al.*, 1998; GRAEDEL, 1996). Hur *et al.* (2005), afirmam que em geral, os métodos de matrizes são utilizados para apresentar o máximo de informações possíveis sobre os aspectos ambientais de um produto de uma maneira sistemática e clara. Ainda, os autores apontam que seus resultados fornecem uma compreensiva visualização dos aspectos ambientais envolvidos em um sistema de produção.

### 2.3.1 Matriz de avaliação de produto ambientalmente responsável (ERPA).

Entre os métodos de matrizes criados, o *Environmentally Responsible Product Assessment Matrix* (ERPA), é uma versão destas simplificações desenvolvida por Graedel e Allenby (HUNT *et al.*, 2005;

HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003). O ERPA consiste em um método semi-quantitativo que tem como característica central a formação de uma matriz de avaliação, 5x5, onde as linhas representam as fases do ciclo de vida e as colunas relacionam os atributos ambientais. A eficácia e eficiência deste método podem ser comprovadas pelo alto número de aplicações práticas já feitas. (HUNT et al., 2005; HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003; GRAEDEL, 1996). De acordo com Hochschorner; Finnveden, (2003), este método pode ser usado para avaliar produtos, processos instalações, serviços, infraestruturas, etc.

Um exemplo da matriz de avaliação do método ERPA pode ser visualizado na Figura 3.

**Figura 3:** *Environmentally Responsible Product Assessment Matrix*

Avaliação do produto de um Automóvel Genérico de 1950						
	Atributos Ambientais					
Estágio da Vida	Escolha do material	Uso de Energia	Resíduos Sólidos	Resíduos Líquidos	Resíduos Gasosos	Total
Pré-produção	2	2	2	2	2	(10/20)
Produção	0	1	2	2	1	(6/20)
Distribuição	3	2	3	4	2	(14/20)
Uso	1	0	1	1	0	(3/20)
Fim de vida	3	2	2	3	1	(11/20)
Total	(9/20)	(8/20)	(10/20)	(12/20)	(6/20)	(44/100)

**Fonte:** Graedel (1996).

Para realizar a avaliação e, conseqüentemente, o preenchimento da matriz de uma maneira padronizada e coerente, Hur *et al.* (2005) dissertam que para relacionar as notas de cada célula da matriz, um *checklist* específico para cada fator ambiental deve ser criado, assim como um padrão de notas para cada resposta supostamente dada. Quanto maior o detalhamento das questões deste *checklist*, maior será a confiabilidade do resultado final (GRAEDEL, 1996). Explica o autor que, na essência, o responsável por preencher a matriz fornece um valor numérico que represente o valor estimado em uma avaliação de ciclo de vida convencional. As notas que cada célula irá receber variam de



“zero” 0, que representa grande impacto gerado, e “quatro” que define uma avaliação exemplar, ou seja, um impacto mínimo é gerado.

Graedel (1996), afirma que a escala é intrinsecamente subjetiva mas na prática ela se torna menos. A célula que recebe nota 4, que representa o mínimo impacto possível, não costuma gerar dúvidas, assim como a nota 0 que representa o maior impacto. Entretanto as células intermediárias podem gerar certa ambiguidade, e uma maneira de mensurá-las é fixar o valor “dois” como regular, ou médio e justificar a nota “um” e “três” como abaixo do regular e acima do regular respectivamente.

O somatório de todas as notas concedidas ao total de células fornecerá um valor numérico final para esta avaliação. Sendo uma matriz 5x5, e as notas variando em uma escala de 0 a 4, temos 25 elementos (células) que atingirão no máximo a nota 100, sendo este o produto ideal quanto a uma performance ambiental. (GRAEDEL, 1996).

Como já mencionado, a matriz é formada por critérios ambientais versus fases do ciclo de vida dos produto. Os cinco estágios do ciclo de vida presentes na *Environmentally Responsible Product Assessment Matrix*, representam os estágios típicos de um produto manufaturado. Graedel (1996), expõe que o primeiro estágio, “pré-produção”, trata da análise de estágios anteriores ao processo de manufatura começar, analisando performance dos fornecedores, escolha dos recursos, produção de materiais ou componentes que serão utilizados no próximo estágio. A segunda e terceira fase estão sob comando da companhia produtora, são estas as fases de Produção e Entrega, onde estão inseridas as instalações da empresa, embalagens e transporte (GRAEDEL, 1996). O autor descreve que a fase de “Uso do Produto” não está diretamente sob controle da empresa produtora, mas é influenciado por como a produção deste produto foi projetada e o grau de interação deste com o sistema de produção durante este estágio. Por fim tem-se o estágio “cinco”, que trata da disposição, reciclagem ou redistribuição do produto e caracteriza, assim, o final do ciclo de vida deste produto.

Assim como os estágios do ciclo de vida, cinco fatores ambientais foram determinados para realizar esta avaliação. O primeiro fator “Escolha dos Materiais” considera os impactos ambientais do processo de extração, origem e propriedades destes materiais. “Uso de Energia” ou “Consumo de Energia” está diretamente relacionado ao tipo de energia utilizada, como ela é gerada e a magnitude do consumo das fontes energéticas. Para os atributos 3, 4 e 5, avaliam-se os resíduos

sólidos, líquidos e gasosos, respectivamente, gerados em cada estágio do ciclo de vida.

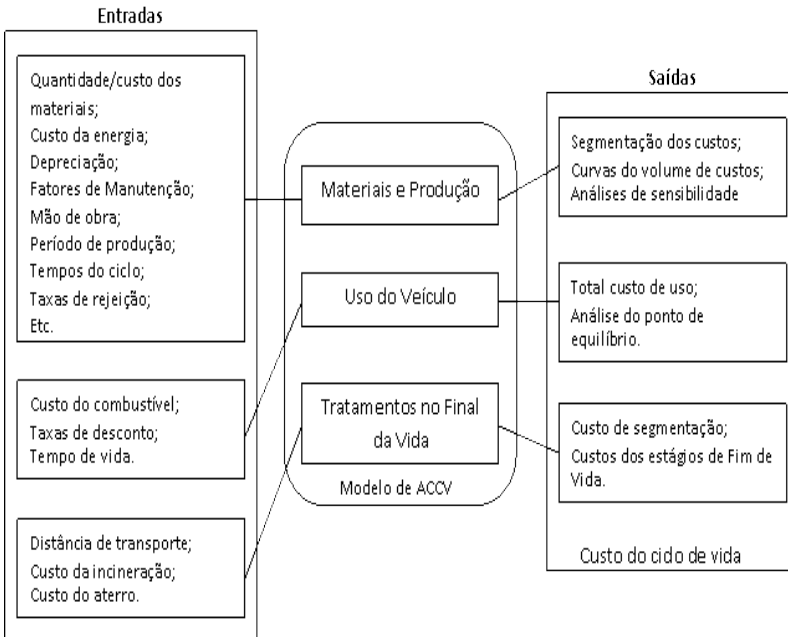
Por fim, Hochschorner e Finnveden (2003) atentam para o fato de que esta matriz pode ser ainda elaborada dando pesos diferentes a cada célula de acordo com o processo produtivo a ser avaliado. Seguindo a metodologia usual, somam-se todos os valores de forma igual, porém para muitos processos alguns atributos ambientais, por exemplo, merecem mais atenção do que outros.

## 2.4 ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA

A Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) é uma metodologia que avalia todos os capitais despendidos, custos, desde sua concepção e fabricação, passando pela operação até o fim da sua vida útil (WHITE; OSTWALD, 1976).

Esta técnica vem sendo usada de forma generalizada como uma ferramenta de engenharia, auxiliando no desenvolvimento de projetos e processo de aquisição, porém cada vez mais vem sendo aplicada como uma ferramenta de gestão, como análise de custos (ASSIS; JULIÃO, 2009). Ainda sobre sua aplicabilidade, Junior (2005) afirma que a ACCV de um dado produto e/ou sistema produtivo, tem sido cada vez mais empregada. A técnica está auxiliando as decisões tomadas durante o planejamento de cada produto, transformando-se, desta forma, em uma parte importante do projeto deste produto.

Entre todos os custos que estão envolvidos no ciclo de vida de um produto podemos citar os custos de aquisição, distribuição, manutenção, operação, financeiros, formação, estoque e desativação (ASSIS; JULIÃO, 2009). Estes custos serão os *inputs* para a análise do custo do ciclo de vida como apresentado pela figura 4.

**Figura 4:** Esquema da ACCV

**Fonte:** Witik et al (2011).

Ao iniciar o processo de aquisição de materiais ou fabricação de um produto alguns custos terão de ser estimados e previstos ao longo de sua vida útil planejada. De acordo com Assis e Julião (2009), estas estimativas podem ser feitas de três formas:

- Por informação dos fabricantes de horas de intervenção;
- Por extrapolação de custos passados dos equipamentos;
- Por analogia com equipamentos semelhantes (próprios ou de parceiros de indústria).

Como já mencionado a soma de todos os custos durante o ciclo de vida do produto será o Custo do Ciclo de Vida, porém vale ressaltar que os custos estimados para este ciclo acontecerão em períodos diferentes, como anos, ou meses, e por este motivos ao comparar o Custo de Ciclo de Vida de mais de uma produto ou sistema deve-se atualizar este valor para uma mesma data, ou seja, trazê-las para um valor presente (ASSIS; JULIÃO, 2009).

O método do valor presente líquido, conforme Samanez (2007), tem por objetivo calcular o valor presente dos impactos gerados no futuro de uma alternativa de investimento.

O cálculo do valor presente (VPL) é apresentado na equação 1.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{R_j - C_j}{(1 + i)^n} - I = 0$$

**Equação 1:** Cálculo do VPL

**Fonte:** SAMANEZ, 2007

Sendo:

VPL = valor presente líquido;

$R_j - C_j$  = fluxo de caixa no ano  $n$ ;

$n$  = vida do projeto em anos;

$i$  = taxa de desconto;

$I$  = investimento inicial;

$\sum$  = somatório da data 1 até a data  $n$  dos fluxos de caixa descontados ao período inicial.

## 2.5 INTEGRAÇÃO ENTRE ACV E ACCV

Embora a similaridade de nomes, a Análise de Ciclo de Vida e a Análise do Custo de Ciclo de Vida possuem diferenças metodológicas que são apresentadas no quadro 1. A ACCV não é novidade, mas sua combinação com a ACV é mais recente e surgiu na busca por uma avaliação mais completa e compreensível, assim avaliando dois dos três pilares do desenvolvimento sustentável: ambiental e econômico (HEIJUNGS; SETANNI; GUINÉE, 2012). Norris (2001), aponta que as consequências da realização de uma ACV sem integração com uma Análise de Custos são:

- Limitada influência e relevância da ACV na tomada de decisão;
- Incapacidade de capturar as relações entre consequências ambientais e custos, inibindo a busca de uma melhor relação custo-benefício, para melhorias ambientais;
- Potencial para perder pontos economicamente importante ou, em alguns casos, até mesmo pontos economicamente cruciais, relacionados com consequências ambientais para a empresa.

**Quadro 1: Diferenças entre ACV e ACCV**

Método	ACV	ACCV
<b>Propósito</b>	Comparar o desempenho ambiental de sistemas de produtos alternativos, que atendam a mesma função, a partir de uma perspectiva ampla da sociedade.	Determinar o custo-benefício de alternativas de investimento e decisões de negócios, a partir da perspectiva de um tomador de decisão econômica, como uma empresa ou um consumidor.
<b>Atividades que são consideradas no "Ciclo de Vida"</b>	Todos os processos casualmente ligados ao ciclo de vida física do produto; incluindo toda a cadeia de pré-uso, o uso e os processos de fornecimento para utilização, o fim da vida e os processos envolvidos em todos os passos do fim da vida do produto.	Atividades que causam custos diretos ou benefícios para o tomador de decisão, durante a vida econômica do investimento, como resultado do investimento.
<b>Fluxos considerados</b>	Poluentes, recursos e processos inter-fluxos de materiais e energia.	Fluxos de custos e benefícios monetários que impactam diretamente o decisor.
<b>Unidades</b>	Principalmente massa e energia, ocasionalmente, volume e outras unidades físicas.	Unidade monetária.
<b>Tempo considerado e escopo.</b>	A temporização dos processos e os fluxos de liberação ou consumo é tradicionalmente ignorada; avaliação de impacto pode dirigir uma janela de tempo fixo, mas impactos futuros não são descontados geralmente.	O tempo é crítico. Apresentar valorização (desconto) de custos e benefícios. Âmbito horizonte de tempo específico é adotado, e quaisquer custos ou benefícios que ocorrem fora desse âmbito, são ignorados.

**Fonte:** Norris (2001).

Neste momento o tomador de decisão estará analisando suas ferramentas de apoio a decisão para realizar a melhor escolha.

Diversas ferramentas e teorias foram desenvolvidas buscando a diminuição das incertezas a respeito da decisão. Entre elas podemos citar as teorias matemáticas da administração, os diversos modelos estatísticos, as diversas variações da teoria dos sistemas, os modelos de estratégia, etc. (GALLEAZZO, 2008).

Além das ferramentas de apoio à decisão, outro ponto estratégico para a tomada de decisão é o entendimento do ciclo de vida do produto. Woiler e Mathias (1996) explicam que o conhecimento sobre o ciclo de vida do produto pode se tornar um diferencial competitivo no mercado e que as decisões a serem tomadas em cada estágio são diferentes, assim como cada produto possui um ciclo distinto.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para a consecução do objetivo geral está apresentada a seguir, ordenada em função dos objetivos específicos.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Existem variadas formas de classificar as pesquisas. De acordo com Silva e Menezes (2005), entre as abordagens mais clássicas, as pesquisas podem ser classificadas quanto a sua natureza, quanto à forma de abordagem do problema, quanto a seus objetivos e ainda quanto aos procedimentos técnicos a serem utilizados.

Quanto à natureza da pesquisa, este estudo se caracteriza como uma pesquisa aplicada, que tem por objetivo gerar conhecimento para uma aplicação prática e por ser dirigida a solucionar um problema específico. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, esta pesquisa pode ser considerada predominantemente qualitativa com aspectos quantitativos por utilizar dados levantados sem metodologias específicas ou técnicas estatísticas, porém estes foram utilizados como base para projeções de cenários quantitativos. Relacionando-se ao objetivo, a pesquisa foi exploratória, que segundo GIL (1991), é uma pesquisa que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a construir hipóteses, no caso projeções.

Ao longo do projeto proposto, foram utilizadas diferentes ferramentas para coletas de dados, tais como pesquisas bibliográficas, análise documental e aplicação de *checklists*.

#### 3.2 CRIAÇÃO DA FERRAMENTA DE GESTÃO INTERNA

Buscando atender a demanda por análises mais tangíveis e práticas, foi norteador para este projeto a ideia da elaboração de uma ferramenta de fácil entendimento e que fosse capaz de gerar subsídios relevantes para o processo de amadurecimento das empresas quanto ao seu desempenho ambiental.

Para elaboração desta ferramenta de gestão interna, objetivo deste trabalho, utilizou-se o programa, integrante do Pacote Office, EXCEL 2010. Além de ser um piloto, a escolha do programa está associada a grande disponibilidade deste e de sua alta aplicabilidade, independente do sistema disponível nas redes empresariais.

A ferramenta consiste em dois *checklists*, o primeiro ambiental, com questões qualitativas e outro financeiro, com questões que englobam todos os principais custos do ciclo de vida de um produto,

sendo este último quantitativo. Depois de preenchidos, estes dois *checklists* alimentam automaticamente suas respectivas matrizes de avaliação, onde são calculadas automaticamente o desempenho ambiental e participação nos custos totais para cada item avaliado. Quando as matrizes estão completas, suas informações geram um gráfico que possibilita a análise do desempenho ambiental do produto para cada questão abordada no *checklist* e a dimensão da participação dos custos nas mesmas etapas do ciclo de vida do produto.

Para cada um dos itens acima citados existe uma aba na planilha. A seguir são descritas de maneira mais detalhada cada etapa do processo de criação da ferramenta.

### 3.2.1 Checklist Ambiental

A ferramenta se inicia analisando a questão ambiental, para isso, foi criado um *checklist* que atendesse a demanda da *Matriz de Avaliação de Produto Ambientalmente Responsável*. A matriz de avaliação, 5x5, criada por Graedel e Allenby, analisa cinco fases do ciclo de vida, sob cinco aspectos ambientais (Figura 5). Logo o *checklist* criado, deveria necessariamente ter questões para cada um destes atributos, em cada uma destas fases.

**Figura 5:** Layout *checklist* ambiental.

CHECKLIST AMBIENTAL		MENU	AVANÇAR
<b>PRÉ-PRODUÇÃO</b>			
	Escolha do Material		
+	Uso de energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>PRODUÇÃO</b>			
	Escolha do Material		
+	Uso de energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>			
	Escolha do Material		
+	Uso de energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>USO</b>			
	Escolha do Material		
+	Uso de energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>FIM DE VIDA</b>			
	Escolha do Material		
+	Uso de energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		

Na figura acima pode-se observar o *layout* inicial do *checklist* elaborado para as fases de pré-produção, produção, distribuição, uso e fim de vida. Como atributos ambientais são considerados as entradas, (consumos) no processo, escolha de materiais, uso de energia, e também as saídas, em resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

Considerando que a ferramenta criada, tem como um de seus objetivos, fazer parte de um processo de amadurecimento das organizações quanto à área ambiental corporativa e aos conceitos de sustentabilidade, optou-se por desenvolver primeiramente um *checklist* com afirmações qualitativas sobre o posicionamento da organização em cada uma destas fases. Quando a empresa alcançar a um desempenho nota máxima neste *checklist*, estará demonstrando que tem controle suficiente para partir para um estudo quantitativo, com dados primários de qualidade e altamente aplicável à realidade da empresa.

As perguntas, todas qualitativas, foram desenvolvidas com base em estudos já desenvolvidos com a aplicação da metodologia do método ERPA de avaliação de ciclo de vida simplificada, mas principalmente baseada nas questões levantadas no “Procedimento específico para certificação de ecoprodutos – Selo Ecológico Falcão Bauer”. As afirmações listadas nesta etapa procuram levantar informações a respeito do seu posicionamento perante a causa ambiental, como por exemplo, mas não se limitando somente a isso:

- se as ações ambientais são mais reativas ou preventivas;
- o quanto a empresa dispõe de controle de todas as entradas e saídas em cada estágio do ciclo de vida;
- o quanto a empresa se responsabiliza pelos seus produtos durante todo o ciclo de vida deles;
- se existe desenvolvimento de pesquisas que auxiliem a empresa de maneira estratégica na área ambiental.

Esta ferramenta foi criada visando uma determinada empresa do ramo industrial, porém a ferramenta é aplicável a outras instituições, o único ponto a ser relevado é que as perguntas criadas devem ser elaboradas sempre sendo aplicáveis ao ambiente a ser avaliado.

Todas as questões abordadas neste *checklist* estão descritas no Apêndice A.

As afirmações foram agrupadas para que ao abrir a ferramenta, a pessoa consiga visualizar as fases e os atributos ambientais antes de começar a responder, assim ficará mais fácil sua interpretação. Para responder o *checklist*, o primeiro passo é clicar nos sinais de “+” (mais), no lado esquerdo da tela, para que sejam abertas as questões disponíveis



para a avaliação do atributo ambiental de uma determinada fase de vida. Após ler a afirmação, o responsável por responder a questão deve clicar nas células da extremidade direita do *checklist*. Ao clicar, devem aparecer as opções “verdadeira” ou “falsa”, sendo apenas estas duas opções aceitas como resposta (Figura 6). Se a afirmação condiz com o comportamento da empresa, deve ser assinalado que esta afirmação é verdadeira, caso contrário, falsa.

**Figura 6:** *Checklist* ambiental aberto.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Header:** 'CHECKLIST AMBIENTAL' with 'MENU' and 'AVANÇAR' buttons.
- Section 1: PRÉ-PRODUÇÃO**
  - Escolha do Material:**
    - Existem materiais escassos entre os escolhidos nessa etapa.
    - Todos os materiais são completamente ou parcialmente reciclados.
    - A maior parte (mais de 50%) dos fornecedores são auditados pela empresa ou por terceirizadas sobre aspectos ambientais.
    - A maior parte (mais de 50%) dos fornecedores tem política ambiental instalada.
    - Existem planos de remediação ambiental que garantam a segurança no fornecimento de materiais perigosos/tóxicos.
  - Use de energia:** (highlighted with a red circle)
  - Resíduos Sólidos**
  - Resíduos Líquidos**
  - Resíduos Gasosos**
- Section 2: PRODUÇÃO**
  - Escolha do Material**
  - Use de energia:**
    - O processo produtivo tem alta demanda energética não renovável.
    - São utilizadas fontes auxiliares renováveis de energia para produção.
    - Existem programas instalados para economia de energia durante o processo produtivo.
    - O processo foi desenhado considerando a minimização do consumo energético.
    - Existem estudos com objetivo de alcançar a eficiência energética do processo produtivo.
  - Resíduos Sólidos**
  - Resíduos Líquidos**
  - Resíduos Gasosos**
- Section 3: DISTRIBUIÇÃO**

Response options are shown in a column on the right, with 'Verdadeira' and 'Falsa' circled in red.

Ao receber a resposta, a planilha automaticamente concede um valor, “um” ou “zero”, para a célula preenchida. Se a opção assinalada for positiva ambientalmente, a célula passará a valer 1 ponto, porém se a resposta for negativa sob o aspecto ambiental, seu valor continuará sendo zero. Conclui-se então, que o melhor desempenho de um atributo será alcançado quando este atingir nota 5.

É importante esclarecer que nem sempre as afirmativas verdadeiras serão positivas ambientalmente. Cada afirmação foi elaborada independente da resposta esperada, ou seja, muitas vezes as afirmativas estão descrevendo atitudes ambientalmente desprezáveis, por isso para valer um a empresa deve escolher esta como falsa.

Após preenchimento do *checklist* ambiental, existe um [link](#) para avançar para o próximo *checklist*, ou retornar ao menu. Se por algum motivo o respondente precisar interromper a informação, é necessário

salvar o arquivo com as respostas para não perder os dados já fornecidos.

### 3.2.2 *Checklist* de Custos

Quando a célula “avançar” do *checklist* ambiental for “clorada”, será aberta a janela do *checklist* de custos (Figura 7).

A Avaliação do Custo do Ciclo de Vida é uma metodologia que auxilia a tomada de decisão entre duas alternativas de investimento. Sua essência disserta sobre a necessidade de considerar todos os custos envolvidos em cada alternativa e não só o investimento inicial de aquisição. Porém para que todos os valores possam ser comparados, mesmo aqueles que são futuros, precisam ser trazidos para o presente, para um valor presente.

Esta ferramenta, utilizou a metodologia pela sua linha de raciocínio. As questões levantadas neste *checklist* instigam, aqueles que estão respondendo, a pensar nos custos para cada fase do ciclo de vida do produto. Estes custos podem ser repassados a terceiros em alguma fase, porém devem ser considerados na sua totalidade.

Para que os resultados possam ser comparados os custos levantados seguirá os mesmos atributos e estágios do ciclo de vida aplicados pela matriz de avaliação do ciclo de vida simplificada. Apenas foi feita uma diferença de nomenclatura no primeiro atributo. Neste *checklist* ele foi considerado, como “materiais, equipamentos e recursos”.

**Figura 7:** Layout *Checklist* Custos.

CHECKLIST CUSTOS		MENU	AVANÇAR
<b>PRÉ-PRODUÇÃO</b>			
	Materiais/Equipamentos/Recursos		
+	Uso de Energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>PRODUÇÃO</b>			
	Materiais/Equipamentos/Recursos		
+	Uso de Energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>			
	Materiais/Equipamentos/Recursos		
+	Uso de Energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>USO</b>			
	Materiais/Equipamentos/Recursos		
+	Uso de Energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>FIM DE VIDA</b>			
	Materiais/Equipamentos/Recursos		
+	Uso de Energia		
+	Resíduos Sólidos		
+	Resíduos Líquidos		
+	Resíduos Gasosos		
<b>CUSTO DO CICLO DE VIDA</b>			

Esta alteração foi considerada necessária para que custos de manutenção de máquinas e recursos humanos também pudessem ser contabilizados.

Divergente ao primeiro *checklist*, este tem característica quantitativa. Não é possível considerar se um gasto é justificável ou não sem analisar outros fatores que levaram o gasto a ser realizado, então neste caso o respondente deve apenas introduzir os valores referentes ao que está sendo pedido.

As questões levantadas são um exemplo de custos durante um ciclo de vida, mas novamente deve-se ressaltar que outros pontos podem ser avaliados, que estes não devem ser limitados ao que foi sugerido nesta ferramenta, porém devem ser claros e objetivos.

Outra questão a ser avaliada é que estamos avaliando o custo de vida de um produto, então muitos custos devem ser rateados pelo número total de unidades de produto produzidas para que se chegue ao valor por produto.

Para o preenchimento deste *checklist*, alguns cuidados devem ser listados:

- 1) As fases de pré-produção, produção e distribuição devem ser consideradas tempo presente, sendo que para as demais fases

os valores são futuros, então devem atuar sobre eles ajustes como depreciação e inflação.

- 2) Apenas devem ser mencionados, custos descritos neste *checklist*. Quando inicia-se um processo de interpretação de custos você poderá chegar a um nível de detalhamento diferente para cada fase, o que seria perigoso para a validade das informações.

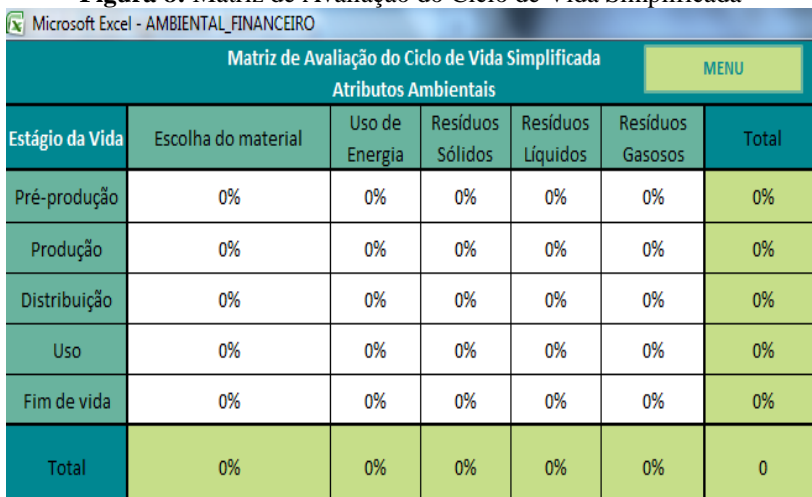
Os custos de depreciação e inflação são calculados automaticamente pela planilha, porém atenta-se para o fato que esta ferramenta está considerando a inflação constante em 5,85%, pois foi a inflação fechada para o ano de 2012 e depreciação de 10%, as duas taxas sendo calculadas em bases anuais. Qualquer alteração nestes valores incitam a necessidade de uma formatação na ferramenta. Por isso a necessidade de avaliação da aplicabilidade dos itens antes de usá-la.

Por fim a soma de todos os valores descritos, já corrigidos financeiramente, são somados e indicam o Custo do Ciclo de Vida do produto avaliado.

### 3.2.3 Matrizes de avaliação .

Logo que todas as informações demandadas pelos *checklists* são fornecidas, quem estiver utilizando a ferramenta deve “clique” novamente em avançar para visualizar as matrizes de avaliação ambiental (Figura 8) e financeiro (Figura 9) de cada *checklist*.

**Figura 8:** Matriz de Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada



Matriz de Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada						MENU
Atributos Ambientais						
Estágio da Vida	Escolha do material	Uso de Energia	Resíduos Sólidos	Resíduos Líquidos	Resíduos Gasosos	Total
Pré-produção	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Produção	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Distribuição	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Uso	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fim de vida	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Total</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0

**Figura 9:** Matriz de Avaliação do Custo de Ciclo de Vida

AVANÇAR							Matriz de Avaliação do Custo do Ciclo de Vida						
Estágio da Vida	Materiais/Equipamentos/ Recursos		Uso de Energia	Resíduos Sólidos	Resíduos Líquidos	Resíduos Gasosos	Total						
Pré-produção	R\$	-	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -						
Produção	R\$	-	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -						
Distribuição	R\$	-	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -						
Uso	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -						
Fim de vida	R\$	-	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -						
Total	R\$	-	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -						

As matrizes permitem a visualização consolidada das respostas dadas para cada fase e atributo ambiental avaliados. A coluna da extremidade direita da matriz apresenta, nos dois casos, os valores totais para cada fase de vida do ciclo de vida do produto, assim como a última linha na extremidade inferior da matriz, que apresentará o total avaliado para cada atributo ambiental.

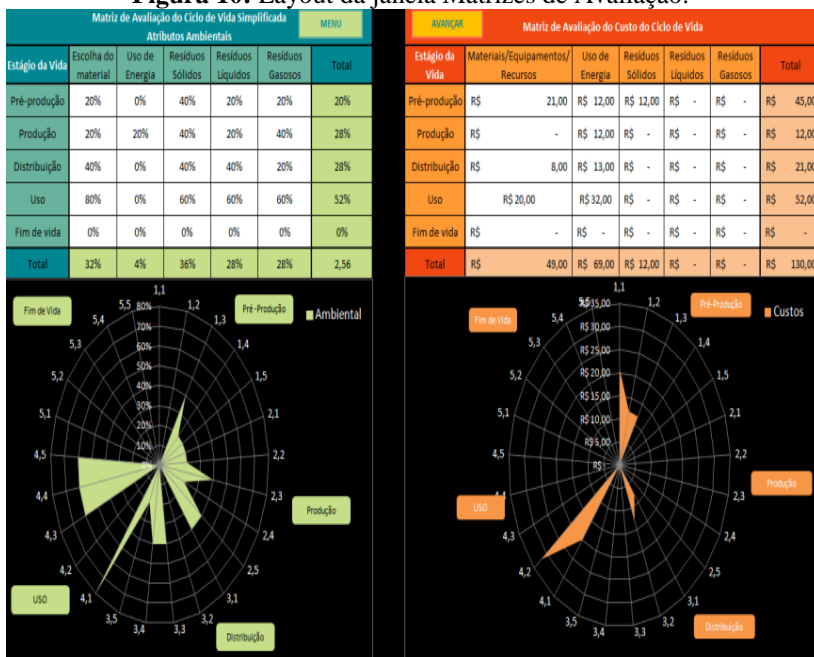
A primeira matriz é a Matriz de Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada, que apresentará os valores, em porcentagem, que representam o desempenho ambiental de cada atributo em determinado estágio do ciclo de vida, de acordo com as respostas dadas no *checklist* ambiental anteriormente respondido. Considerando que o máximo que se pode obter são 5 pontos, pois o *checklist* possui cinco afirmações, o que representaria um desempenho ambiental de 100%, qualquer outra pontuação representará uma porcentagem deste valor.

Buscando tornar a visão da análise do desempenho ambiental mais didática, optou-se que a célula total da matriz de ACV simplificada apresente uma “nota”, que estará entre a escala de 0 e 10, sendo 10 o melhor desempenho e 0 o pior. Ou seja, se o cálculo final apresentar desempenho ambiental 100%, todas as células apresentarem desempenho máximo, este receberá a nota 10, logo, 100% equivale a 10 assim como as demais porcentagens possíveis serão equivalentes a outras notas.

Para a Matriz de Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (Figura 9), suas células apresentarão valores absolutos, que representam o custo real com aquele atributo no estágio do ciclo de vida do produto especificado em cada caso. Mesmo que os valores sejam relativamente baixos, e provavelmente serão pois custos de produção costumam ser baixos quando rateados, eles representam uma participação no custo total do ciclo, que será demonstrado, principalmente, pelas células dos totais de cada atributo e fase. A matriz de avaliação do custo do ciclo de vida apresentará como total a soma dos custos do ciclo de vida do produto.

Além das matrizes já descritas, para cada matriz será apresentado também um gráfico radar, onde poderá ser analisado o desempenho individual de cada quesito (Figura 10).

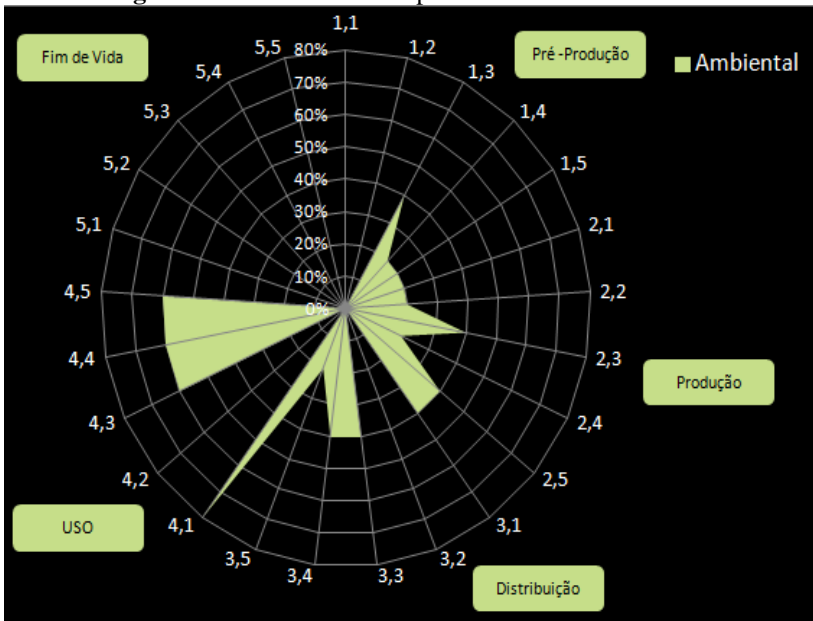
**Figura 10:** Layout da janela Matrizes de Avaliação.



Para o gráfico ambiental, sendo o desempenho ideal igual a 100%, quanto maior a área preenchida, melhor será o desempenho ambiental do produto nas fases do ciclo de vida propostas.

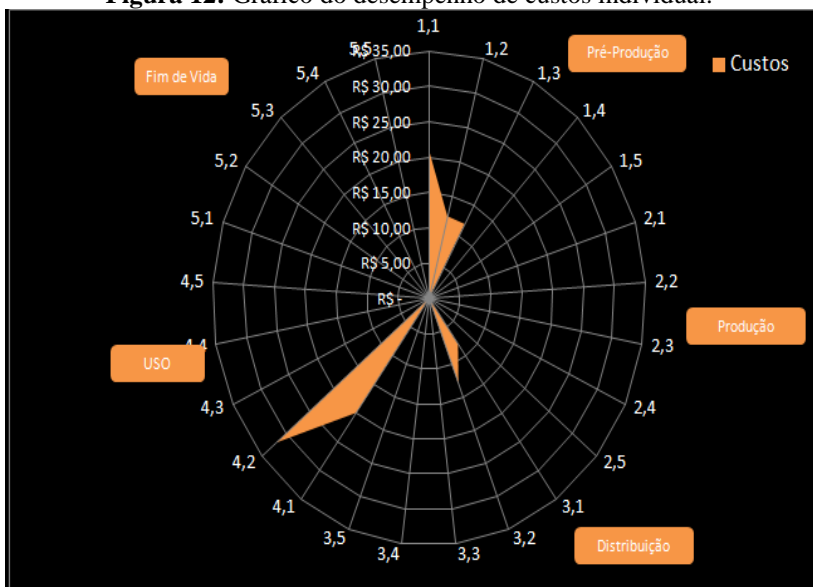
A figura 11 mostra o layout completo desta janela da ferramenta e em seguida são apresentados os dois gráficos individuais citados.

**Figura 11:**Gráfico de desempenho ambiental individual



Quanto ao gráfico de custos (Figura 12), ele auxiliará a avaliação das fases que receberão os maiores investimentos, que representam os maiores custos, e aquelas que receberão os menores. Sendo um gráfico de valores absolutos, é difícil julgar se é um investimento alto ou não, porém podemos afirmar que os custos que apresentarem maiores áreas preenchidas são aqueles que tem maior participação no custo do ciclo de vida do produto, ou ainda, poderá ser concluído as fases que são mais custosas dentre as propostas, estas serão representadas por áreas preenchidas maiores no gráfico.

**Figura 12:** Gráfico do desempenho de custos individual.



Ao visualizar as matrizes e gráficos a empresa poderá enfim visualizar o desempenho ambiental e de custos, consolidado ao “clique” na célula avançar.

### 3.2.4 Gráfico de análise do desempenho ambiental e financeiro

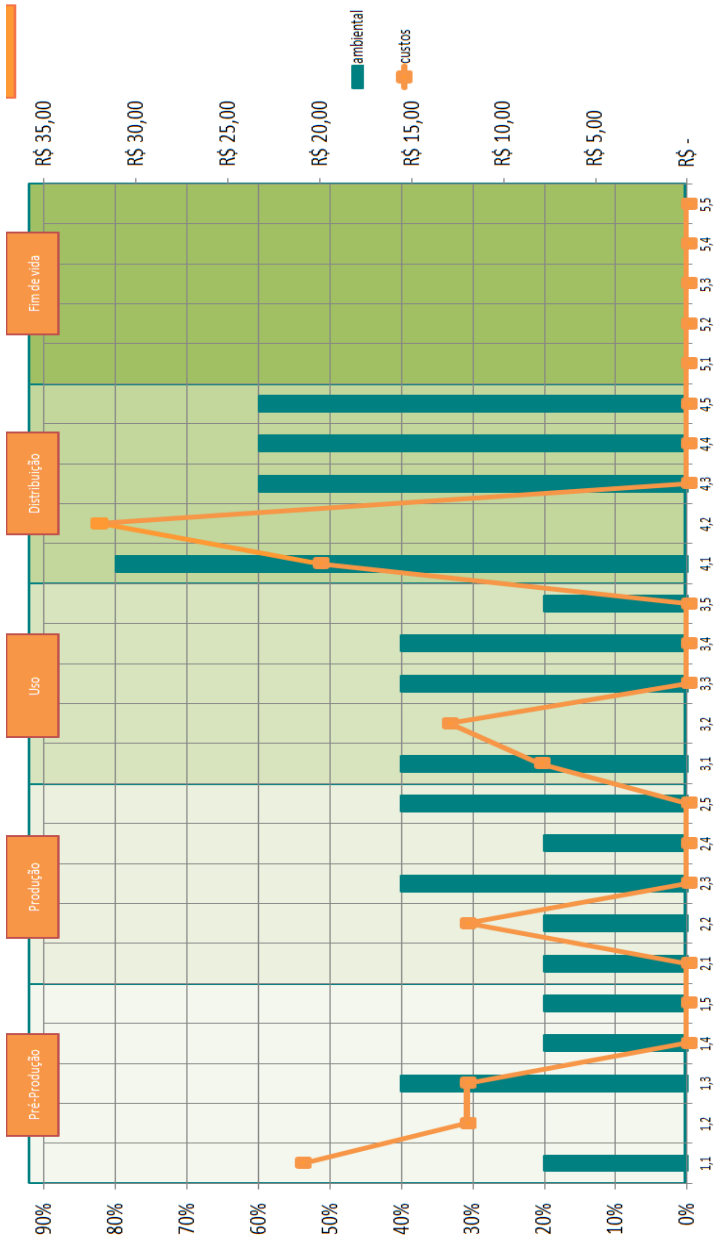
Avançando para a última janela gerada pela ferramenta, será apresentado um gráfico, de dois eixos, com os resultados das duas avaliações.

Cada ponto no gráfico representa os resultados em cada fase do ciclo de vida do produto. A linha laranja apresenta os resultados em relação ao desempenho de custos em valores absolutos sendo esta referenciada pelo eixo direito, em reais (R\$). O desempenho ambiental será demonstrado por barras verdes, que serão referenciadas pelo eixo esquerdo, portanto, por valores percentuais. O eixo horizontal representa todas as células da matriz, já as cores ao fundo do gráfico dividem as fases da vida, para que sejam visualizados, além dos resultados em relação a cada atributo, também uma visualização de todo ciclo de vida, possibilitando conclusões também sobre os estágios de vida do produto (Figura 13).

A figura abaixo mostra o gráfico gerado ao fim da ferramenta, com a descrição e elementos já mencionados no parágrafo anterior.



**Figura 13:** Exemplificação de análise do desempenho ambiental e financeiro.



### 3.3 VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA.

A validação desta ferramenta não foi possível ser publicada com dados primários da empresa, como era esperado. Levando em consideração essa limitação, fez-se apenas um pré-teste do *checklist* ambiental e de custos, onde foram levantados principalmente pontos aplicáveis ou não à empresa e possíveis dúvidas que poderiam ser geradas durante seu preenchimento.

Para gerar resultados a serem avaliados, considerando fins acadêmicos, foram criados 4 cenários de análise com base nos quais foram feitas simulações. Os quatro cenários são descritos nos quadros abaixo.

#### 3.3.1 Cenário 1

Para o primeiro cenário, criou-se a situação de uma companhia que tem um desempenho ambiental abaixo da média, porém, que apresenta picos de custos. Estas características representam a pior situação possível pois agrega altos custos, que é um desempenho financeiro ruim, a um baixo desempenho ambiental (Quadro 2).

**Quadro 2:** Características ambientais e financeiras para o cenário 1.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS	CARACTERÍSTICAS DOS CUSTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não são realizadas auditorias nos fornecedores.</li> <li>• A empresa não tem informações ambientais dos fornecedores.</li> <li>• A empresa não realiza estudos ambientais e não é certificada pela ISO 14000.</li> <li>• A empresa não recolhe os materiais obsoletos.</li> <li>• Não tem conhecimento sobre a geração de resíduos e prefere pagar multas a se responsabilizar por tratamentos de resíduos.</li> <li>• Gasto de energia não são controladas e costumam exceder o habitual em empresas do mesmo porte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A empresa tem fornecimento de materiais muito distantes, tornando-se mais caros.</li> <li>• Os gastos energéticos são muito altos em todo o processo sendo os maiores gastos .</li> <li>• Matéria prima escassa e por isso muito custosa.</li> </ul>

### 3.3.2 Cenário 2

Este cenário costuma acontecer quando as empresas estão no processo de implantação de melhorias ambientais, que exigem altos investimentos em equipamentos, mas geram ótimos resultados de melhoria ambiental. A longo prazo os custos tendem a diminuir e o desempenho ambiental se mantém. Por exemplo, a instalação de equipamentos para controle de resíduos gerados nos processos podem ter altos custos iniciais, mas uma vez instalados, garantem a excelência ambiental constante. Outro fator favorável é que os altos custos de materiais, equipamentos e recursos na pré-produção podem indicar um alto detalhamento de projeto e escolha de materiais de qualidade que favorece a minimização de custos com energia no desmonte do equipamento obsoleto ou o gasto de energia na fase de uso (Quadro 3).

**Quadro 3:** Características ambientais e financeiras para o cenário 2.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS	CARACTERÍSTICAS DOS CUSTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A empresa é certificada pela ISO 14000.</li> <li>• Seu programa de gerenciamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos é benchmarking do setor.</li> <li>• Características ambientais são determinantes para a escolha de fornecedores.</li> <li>• Constante investimento em estudos ambientais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A empresa aposta em materiais indicados por estudos ambientais, porém possuem custos muito elevados.</li> <li>• Custo com projetos muito elevado pelo detalhamento dos mesmos.</li> <li>• Custos de manutenção muito altos pois existe uma preocupação da empresa em controlar vazamentos.</li> <li>• Alto investimento em mão de obra equipamentos de ponta.</li> </ul>

### 3.3.3 Cenário 3

O cenário 3 é característico de empresas que tem seu capital enxuto e não estão dispostas a investirem mais para alcançarem melhores desempenhos ambientais. O desempenho ruim que a empresa obtém é justificado pelos baixos custos que a empresa mantém ao longo do processo (Quadro 4).

**Quadro 4:** Características ambientais e financeiras para o cenário 4.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS	CARACTERÍSTICAS DOS CUSTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não são realizadas auditorias nos fornecedores.</li> <li>• A empresa não tem informações ambientais dos fornecedores.</li> <li>• A empresa não realiza estudos ambientais e não é certificada pela ISO 14000.</li> <li>• A empresa não recolhe os materiais obsoletos.</li> <li>• Não tem conhecimento sobre a geração de resíduos e prefere pagar multas a se responsabilizar por tratamentos de resíduos.</li> <li>• Gastos de energia não são controladas e costumam exceder o habitual em empresas do mesmo porte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por negligência da empresa ela não possui altos custos de matéria prima pois compra recursos baratos.</li> <li>• Por ter uma alta geração de resíduo, a empresa prefere pagar eventuais multas se for flagrada a fazer um tratamento constante de seus resíduos.</li> <li>• A empresa não possui dinheiro para investir em projetos e pesquisas para aprimorar a área ambiental .</li> </ul>

### 3.3.4 Cenário 4

O último cenário aqui descrito apresenta as características da excelência buscada pelas empresas que investem em um bom desempenho ambiental. Esta é a situação de uma empresa que tem, já consolidado o seu perfil ambiental e que assim, já conseguiu aperfeiçoar os custos referentes a estes atributos.

Logo este é o melhor cenário que poderia ser gerado por esta análise e por isso foi escolhido para fazer parte das simulações para obtenção da validação desta ferramenta (Quadro 5).

**Quadro 5:** Características ambientais e financeiras para o cenário 4.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS	CARACTERÍSTICAS DOS CUSTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A empresa é certificada pela ISO 14000.</li> <li>• Seu programa de gerenciamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos é benchmarking do setor.</li> <li>• Características ambientais são determinantes para a escolha de fornecedores.</li> <li>• Constante investimento em estudos ambientais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por apostar em empresas locais de fornecimento economiza em matéria prima e deslocamento.</li> <li>• Instalou placas de energia solar em todo teto da empresa, o investimento já venceu seu <i>payback</i>, o que garante uma economia considerável em energia elétrica.</li> <li>• Existem parcerias com cooperativas para destinar os resíduos à reciclagem, ou até para outras empresas que os tenham como matéria prima, o que reduz os gastos com destinação de resíduos.</li> </ul>

Cada cenário foi simulado com base nas características descritas nos quadros acima e interpretados no próximo capítulo.

## 4 RESULTADOS

Os itens seguintes apresentam os resultados das simulações realizadas na ferramenta para os 4 cenários propostos, utilizando valores fictícios, que representem suas características ambientais e de custos.

### 4.1 RESULTADOS CENÁRIO 1

O cenário 1, como já esperado, devido às características descritas do cenário, apresentou custos elevados coexistentes a um desempenho ambiental ruim.

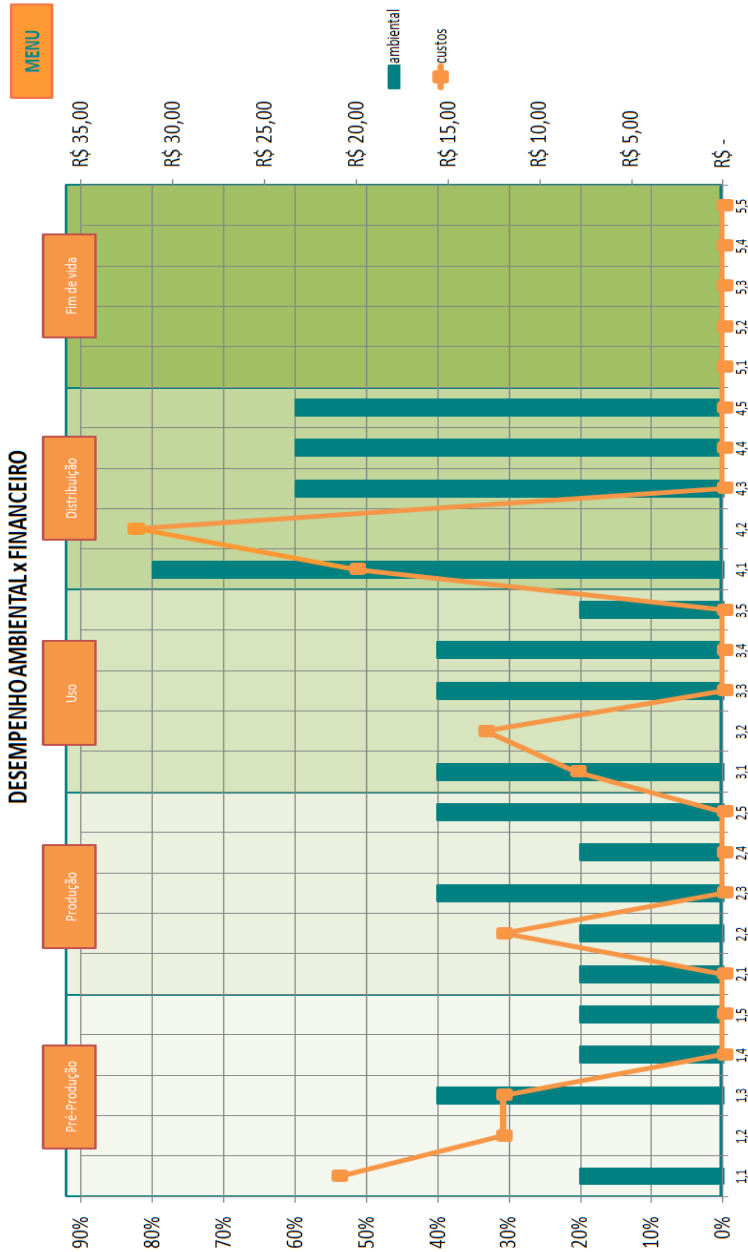
A escolha de materiais, por exemplo, célula “1,1”, apresenta um custo bem elevado quando comparado ao comportamento dos custos nas demais fases do ciclo do produto, o que pode indicar que a aquisição de matéria prima ou preparação dos materiais é muito dispendiosa. Todavia, quando observamos o desempenho ambiental desta mesma célula, observa-se que este atingiu apenas 20% do desempenho ambiental almejado (Figura 14).

Chama atenção neste cenário o fato de que os maiores gastos acontecem em pontos onde o desempenho ambiental fica muito distante do ideal, logo pode-se levantar a hipótese de que os recursos estão sendo gastos sem pensar na otimização ambiental e que os altos gastos não são justificados por um desempenho ambiental satisfatório, ou seja estão sendo investidos de maneira equivocada.

Os pontos críticos deste cenário são a escolha de materiais na pré-produção, o uso de energia durante a produção e principalmente o uso de energia nas fases de distribuição e uso. Estes pontos tem em comum a proporcionalidade inversa do desempenho ambiental e dos custos gerados, demonstrando que o dinheiro nestes pontos investido não significa nenhuma melhoria ambiental. Embora muitas vezes estas duas fases são consideradas como externalizadas à empresa produtora, a mesma é responsável pelo desempenho do ciclo completo do seu produto.

Este cenário seria a pior projeção que poderia ser gerada nesta análise, pois indica altos custos com um desempenho ambiental indesejável. Se este for o cenário apresentado, deve-se buscar por alternativas para direcionar os recursos no sentido de melhorar seu desempenho ambiental. Caso a empresa disponibilize de capital para investir na escolha da matéria prima, então poderá investir em materiais de alta qualidade, materiais reciclados, processos com maior tecnologia, assim, estaria sendo justificado o alto investimento através do alto desempenho ambiental do ciclo de vida e por conseguinte do produto.

Figura 14: Desempenho ambiental e financeiro para o cenário 1



Como última observação deste gráfico (Figura 14), nota-se a ausência de informações sobre o fim da vida do produto, o que significa que a empresa não se responsabiliza pelo produto após seu uso, quando este torna-se obsoleto, sendo assim ele pode estar sendo destinado de maneira errônea e a empresa poderá ser responsabilizada por posteriores danos que a disposição incorreta de seus produtos possam causar ao meio ambiente, de acordo com a nova política de gestão dos resíduos sólidos (BRASIL,2010).

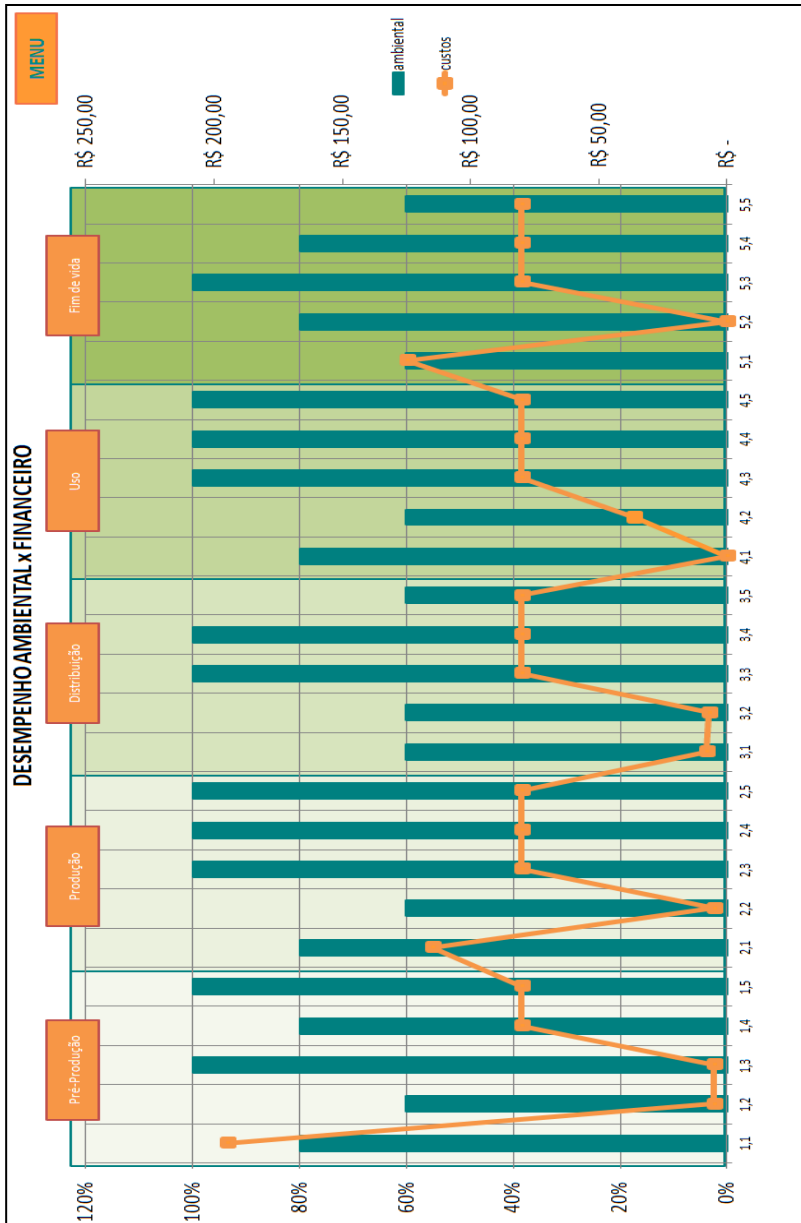
## 4.2 RESULTADOS CENÁRIO 2

Se o cenário anterior apresentava altos custos que não eram justificáveis pelo baixo desempenho ambiental apresentado ao longo do ciclo de vida do produto, o cenário dois apresenta a situação contrária. Para este caso, analisa-se que os picos de custos, com magnitude maior que os apresentados anteriormente, refletem um desempenho ambiental muito próximo ao ideal.

Comprova-se que os altos custos acompanham desempenhos ambientais acima da média e que em todas as fases conquistou-se em pelo menos um ponto a otimização ambiental, ou seja, baixos custos e bom desempenho ambiental (Figura 15). Esta conquista pode ser consequência dos altos custos na mesma etapa ou em etapas anteriores, mas também, pode ser apenas resultado de altos custos anteriores e agora já consolidados pela empresa.



**Figura 15:** Desempenho ambiental e financeiro para o cenário 2



O único ponto crítico apontado pelo gráfico seria a escolha de materiais no final da vida do produto. Mesmo alcançando 60% de desempenho ambiental, este alcance é o limite inferior da curva de desempenho deste produto, sendo que neste ponto existe um pico de custo. Ainda pode-se observar que os estágios entre produção e uso são os mais consolidados, apresentando custos regulares e desempenhos ambientais bem satisfatórios. Nas fases de "pré-produção" e "fim de vida", ainda existem oscilações (Figura 15).

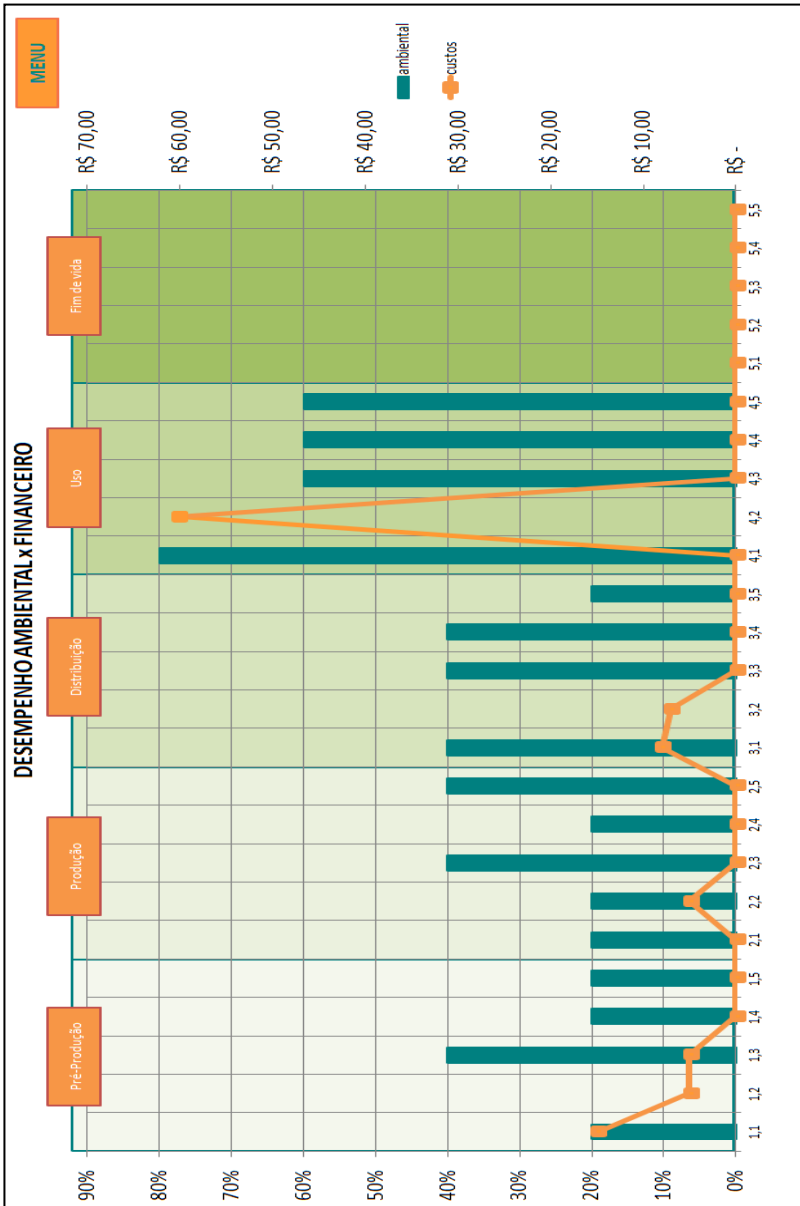
### 4.3 RESULTADOS CENÁRIO 3

Porém no mercado atualmente esta situação é quase extinta, diante às grande líderes, pois o não investimento na área ambiental hoje indica um atraso de desenvolvimento, colocando-as atrás das empresas benchmarking no mercado. O investimento no desempenho ambiental alcança certificações, visibilidade, conformidade com a legislação, fatores estes que garantem a permanência da companhia no mercado presente e futuro, corta custos excessivos pela otimização do processo e abrem o mercado, principalmente, internacional.

A figura 16, mostra o cenário neste item descrito. Ao analisá-lo, percebe-se que o único pico de custo apresentado no processo diz respeito ao uso de energia na fase de uso, custo este, que é externalizado para o cliente final.

Como seria previsível a uma empresa que não tem custos com o desempenho ambiental, o cenário aponta a falta de responsabilidade da empresa quanto ao final da vida do produto, tornando-a exposta a futuras penalidades e “escândalos” quanto à disposição final de seu produto, assim como já argumentado para o cenário 1.

Figura 16: Desempenho ambiental e financeiro para o cenário 3



Sendo opção da empresa reverter este cenário, a companhia entrará em momento como o descrito pelo cenário 2, onde existirão altos custos para obtenção de um melhor desempenho ambiental. Após atingir o objetivo de melhorar o desempenho ambiental, a empresa começará a trabalhar na manutenção destes resultados onde os custos começaram a serem otimizados. Quando a empresa atingir esta maturidade, começará lidar com a área ambiental de maneira estratégica e alinhará seu processo ao desempenho ambiental, conquistando a excelência de atingir bons resultados com baixos custos.

#### 4.4 RESULTADOS CENÁRIO 4

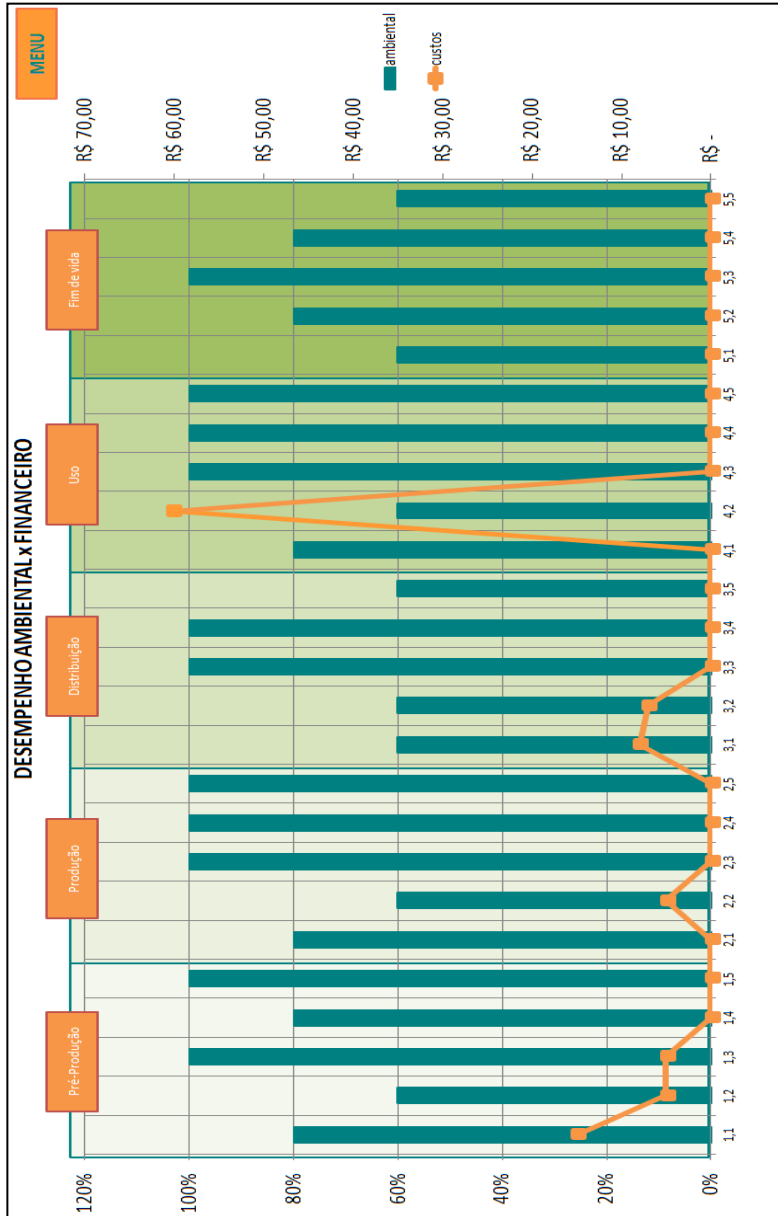
Quando uma empresa alinha o seu fluxo produtivo ao desempenho ambiental, torna-se perceptível que a otimização de recursos ambientais estará intimamente relacionada ao corte de custos. Quando procura-se matérias primas de boa qualidade e que tenham fornecimento próximo, cria-se a oportunidade para corte nos custos de logística de transição de materiais e se otimiza o uso da matéria prima, que por sua vez terá menos resíduos gerados e menor retrabalho na linha de produção.

Pode-se citar também os custos com o recolhimento do material obsoleto. Quando a companhia faz a opção de recolher o material e se responsabiliza pela sua destinação, está diminuindo as chances de ser exposta a futuros problemas com a legislação e com possíveis escândalos ambientais. Todavia inicialmente este estágio gera altos custos logísticos, mas com o decorrer do programa, podem-se conquistar parcerias que acabem por diminuir os custos também deste estágio.

É comum que os primeiros investimentos sejam altos, porém após um processo de amadurecimento a companhia perceberá que a prática de um bom desempenho ambiental estará instalada e agregada a cultura organizacional e os custos voltarão a se reduzir como em qualquer processo ou implementação de novas práticas.

O cenário 4 representa a excelência da linha produtiva, porém a fase de uso ainda que tenha um bom desempenho ambiental, possui altos custos para o consumidor final pelo gasto energético (Figura 17). Este ainda é um custo que comumente existe dentro do ciclo de vida do produto e, provavelmente, só será extinto por pressão do consumidor (ou pelo desenvolvimento tecnológico no futuro). Essa demanda já está acontecendo e pode ser exemplificada pelos selos PROCEL que indicam os produtos com maior eficiência energética.

**Figura 17:** Desempenho ambiental e financeiro para o cenário 4



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma crescente conscientização ambiental está tornando cada vez mais atrativo para a empresa buscar a sustentabilidade. O pilar social já era comum a empresas de grande porte que ao se instalarem criavam fortes vínculos com a sociedade ao seu redor. De diversas formas as empresas já tentavam praticar uma política de “boa vizinhança”. Porém para integrar os pilares ambiental e financeiro, as empresas começaram a criar uma demanda por uma gestão ambiental que integrada ao planejamento financeiro da companhia fosse capaz de torná-la sustentável também para este aspecto.

A avaliação do ciclo de vida de um produto é uma metodologia que está ganhando espaço dentro do mundo empresarial, por conseguir levantar os pontos ambientalmente críticos do processo, porém esta metodologia ainda tem limitações quanto ao seu alcance por ser restringida pela necessidade de um alto investimento financeiro, se comparado às metodologias simplificadas, de recursos humanos e de tempo. Além disto, para que esta ferramenta tenha resultados realmente aplicáveis à realidade organizacional, quando aplicada à metodologia, é recomendado, que esta seja alimentada por dados primários de todas as entradas e saídas do processo de produção. Para atingir a maturidade ambiental que esta ferramenta exige, cria-se a oportunidade para aplicação de métodos de avaliação simplificados que suportem este período de amadurecimento.

Com o objetivo de atingir um maior número de empresas e começar a despertar a visão estratégica dessas para as necessidades ambientais, criou-se uma ferramenta de gestão interna que auxilie o processo de amadurecimento e garanta a visibilidade para este por meio de sua parte financeira. Em um mercado capitalista, quando não existe um respaldo financeiro, dificilmente uma causa ganha espaço. Associar as metodologias de ACV e ACCV possibilitou este alcance.

As duas metodologias utilizadas neste projeto, possuem o mesmo princípio da análise dos estágios do ciclo de vida do produto, porém uma priorizando critérios ambientais e outra o financeiro. Promovendo a fusão das mesmas, de forma simplificada, desenvolveu-se uma ferramenta com potencial para ser utilizada no processo inicial de instalação e amadurecimento da área ambiental da organização, podendo ser aperfeiçoada ao longo do tempo de acordo com os novos patamares alcançados pela organização.

Mesmo diante a limitação de não poder aplicá-la a uma situação real, por meio das simulações feitas para os quatro cenários típicos de

postura ambiental em organizações, foi possível observar o funcionamento de toda sua estrutura. Os *checklists* ambiental e de custos obtiveram abrangência de um número satisfatório de questões e sua aplicabilidade foi validada por meio dos pré-testes. Ao serem preenchidos, geraram as informações necessárias para completar as matrizes criadas para os respectivos *checklists*.

As matrizes de avaliação do ciclo de vida simplificada apresentada e a proposta de matriz para avaliação do custo do ciclo de vida, forneceram informações substanciais, como a nota de desempenho ambiental e o custo do ciclo de vida do produto. Analisando mais detalhadamente, neste estágio a ferramenta apresenta os resultados totais para cada estágio do ciclo de vida e também para os atributos ambientais e financeiros escolhidos.

Por fim, as etapas do *checklist* e das matrizes, subsidiaram a elaboração de um gráfico de análise do desempenho ambiental e financeiro consolidado. Este gráfico, assim como o esperado, possibilitou a análise conjunta dos resultados tornando clara a visualização do posicionamento da organização em cada estágio e seus pontos mais críticos.

A ferramenta ainda é um protótipo, que pode ser aperfeiçoada tanto quanto ao nível de detalhamento das informações requeridas, quanto a seu funcionamento que pode ser muito mais automatizado, todavia, para os fins deste projeto, a proposta de ferramenta desenvolvida alcançou todos os objetivos estipulados.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, Rui; JULIÃO, Jorge. **Gestão e manutenção de Activos?** (Custos ao longo do ciclo de vida). In: CONGRESSO MUNDIAL DE MANUTENÇÃO, 10. Figueira da Foz, Portugal. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida: Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 14044: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida: Requisitos e Orientações**. Rio de Janeiro, 2009.

BATEMAN, Thomas S.; SNELL, Scott A. **Administração: novo cenário competitivo**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2010. 663 p.

CHEHEBE, José Ribamar B. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos: Ferramenta Gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 104 p.

CUCOLO, Eduardo. **Projeção de inflação em 2013 sobe pela segunda semana consecutiva**. Disponível em <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,projecao-de-inflacao-em-2013-sobe-pela-segunda-semana-consecutiva,140509,0.htm>> Acesso em 10 janeiro de 2013.

GALLEAZZO, Luiz Gustavo S. **Riscos estratégicos – Tomada de decisão em cenários complexos**. **Revista Administradores.com**. 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/riscos-estrategicos-tomada-de-decisao-em-cenarios-complexos/27026/>> Acesso em 17 de outubro de 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. Ed. São Paulo: Atlas. 1991.

GRAEDEL, Thomas E. **Weighted Matrices as Product Life cycle assessment tools**. **International Journal Of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 1, n. 2, p.85-89, 1996.

HEIJUNGS, Reinout; SETTANNI, Ettore; GUINÉE, Jeroen. **Toward a computational structure for life cycle sustainability analysis: unifying**



LCA and LCC. **International Journal Of Life Cycle Assessment**. 2012. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-012-0461-4?LI=true>> Acesso em 17 outubro 2012.

HOCHSCHORNER, Elisabeth; FINNVEDEN, Göran. Evaluation of two simplified life cycle assessment methods. **International Journal Of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 8, n. 3, p.119-128, 2003.

HUNT, Robert G.; BOGUSKI, Terrie K.; WEITZ, Keith; SHARMA Aarti. Case Studies Examining LCA Streamlining Techniques. **International Journal Of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 3, n. 1, p.79-85, 1998.

HUR, Tak; LEE Jiyong; RYU Jiyeon; KWON Eunsun. Simplified LCA and matrix methods in identifying the environmental aspects of product system. **Journal of Environmental Management**. v.75, p. 229-237, 2005.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em setembro de 2012.

JUNIOR, Herculano X. S. **Aplicação das metodologias de Análise Estatística e de Análise do Custo de Ciclo de Vida (ACCV) para o estabelecimento de padrões de eficiência energética: Refrigeradores brasileiros**. Universidade Estadual de Campinas. Departamento de Engenharia Mecânica. Campina,SP. 2005.

LEAL Carlos E. **A era das organizações sustentáveis**. Revista eletrônica Novo Enfoque., v. 8, n.8, 2009. Disponível em <<http://www.castelobranco.br/sistema/novoenfoque/files/08/04.pdf>> Acesso em 10 de janeiro de 2013.

NORRIS, Gregory A. Integrating Life Cycle Cost Analysis and LCA. **International Journal Of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 6, n. 2, p.118-120, 2001.

**Procedimento específico para certificação de Ecoprodutos – Selo Ecológico Falcão Bauer**. Disponível em < [http://www.ifbauer.org.br/adm/img/produto/301/PEP\\_SE\\_001\\_rev%2000\\_Selo%20Ecologico.pdf](http://www.ifbauer.org.br/adm/img/produto/301/PEP_SE_001_rev%2000_Selo%20Ecologico.pdf)> Acesso em 10 de janeiro de 2013.

SAMANEZ, Carlos Patrício. **Matemática financeira: aplicações à análise de investimentos**. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

SILVA, Edna L.; MENEZES Estera M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

WEITZ, Keith A.; TODD, Joel Ann; CURRAN, Mary Ann. Streamlining Life Cycle Assessment. **International Journal Of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 1, n. 2, p.79-85, 1996.

WHITE, G.; OSTWLD, P. Life Cycle Costing. **Management Accounting**, v. 57, n. 7, p.39-42, 1976.

WITIK, Robert A; PAYET, Jérôme; MICHAUD, Véronique; LUDWIG, Christian; MANSON, Jan-Anders E. Assessing the life cycle costs and environmental performance of lightweight materials in automobile applications. **Composites: Part A**. v.2, p.1694-1709, 2011.

WOILER, Samsão; MATHIAS, Washington Franco. **Projetos : planejamento, elaboração, análise**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1996. 292 p.

## APÊNDICE A – “CHECKLIST AMBIENTAL”

**Quadro 6:** Afirmações do *Checklist* de Análise do desempenho Ambiental

<b>PRÉ-PRODUÇÃO</b>	
<b>Escolha do Material</b>	
<p>Existem materiais escassos entre os escolhidos nessa etapa. Todos os materiais são completamente ou parcialmente reciclados.</p> <p>A maior parte (mais de 50%) dos fornecedores são auditados pela empresa ou por terceirizadas sobre aspectos ambientais.</p> <p>A maior parte (mais de 50%) dos fornecedores tem política ambiental instalada.</p> <p>Existem planos de remediação ambiental que garantam a segurança no fornecimento de materiais perigosos/tóxicos.</p>	
<b>Uso de energia</b>	
<p>Os processos de obtenção dos materiais está vinculado obrigatoriamente a demanda energética não renovável. Alguns materiais tem suas produções 100% feitas com demanda energética renovável.</p> <p>A otimização energética é considerada para determinar o fornecimento dos materiais e desenho dos processos.</p> <p>Existe incentivo e programas de auxílio, como trocas de experiências de gestão, para promover a diminuição de demanda energética não renovável por parte de fornecedores e entre as plantas industriais.</p> <p>Os processos de obtenção dos materiais não têm gastos energéticos consideráveis.</p>	
<b>Resíduos Sólidos</b>	
<p>Os processos de obtenção dos materiais geram significativa quantidade de resíduos sólidos.</p> <p>São estudadas, por parte dos fornecedores, maneiras de evitar ou diminuir a geração de resíduos destes processos.</p> <p>A empresa possui um programa de gerenciamento deste resíduo instalado, que inclui o controle desta etapa.</p> <p>Os processos de produção e extração dos materiais utilizam produtos/materiais que podem gerar resíduos tóxicos.</p> <p>Existem parcerias ou programas de valorização do resíduo gerado na obtenção dos materiais.</p>	

Resíduos Líquidos	
Existe a presença de metais pesados na composição da matéria prima, que associado ao processo de extração ou produção destes materiais, pode gerar efluentes perigosos.	
Existe monitoramento e controle da adequação à legislação ambiental por parte dos fornecedores.	
Empresa e fornecedores possuem tratamento para remediar os efluentes gerados nessa etapa.	
Os processos de produção e extração dos materiais utilizam produtos/materiais que podem gerar resíduos tóxicos.	
Existem parcerias ou programas de valorização do resíduo líquido gerado na obtenção dos materiais.	
Resíduos Gasosos	
Existe monitoramento e controle da adequação à legislação ambiental por parte dos fornecedores e transportadoras.	
O transporte do material até o local de uso é realizado por meio da queima de combustível fóssil.	
São usados equipamentos que reduzam as emissões gasosas durante essa etapa (filtros, lavadoras de gases..)	
Os processos de produção e extração dos materiais utilizam produtos/materiais que podem gerar resíduos tóxicos	
Existem programas ou estudos que avaliem a possibilidade do reaproveitamento dos gases gerados nessa etapa	
PRODUÇÃO	
Escolha do Material	
São realizadas avaliações/análises ambientais que justifiquem a escolha destes materiais.	
Estão sendo elaborados programas para estudos ambientais que impactem diretamente na escolha dos materiais.	
Existe uma preocupação quanto a possibilidade de reutilização destes materiais pós desmonte do produto.	
Os materiais escolhidos demandam água durante o processo produtivo. ( Ex.: precisam ser lavados ou hidratados.)	
São utilizados materiais totalmente ou parcialmente reciclados.	
Uso de energia	
O processo produtivo tem alta demanda energética não renovável.	
São utilizadas fontes auxiliares renováveis de energia para	

<p>produção.</p> <p>Existem programas instalados para economia de energia durante o processo produtivo.</p> <p>O processo foi desenhado considerando a minimização do consumo energético.</p> <p>Existem estudos com objetivo de alcançar a eficiência energética do processo produtivo.</p>	
<b>Resíduos Sólidos</b>	
<p>São gerados resíduos perigosos, de acordo com a definição do Lei 12.305/2010, nesta etapa.</p> <p>Existe um programa de gerenciamento deste resíduo que garanta a correta segregação e destinação.</p> <p>Os resíduos gerados nessa etapa são totalmente ou parcialmente reutilizados internamente à empresa.</p> <p>Do total de resíduos gerados a maior parte é reciclada (reciclagem interna ou externa), reutilizada, ou coprocessada e apenas o mínimo é enviado para aterro.</p> <p>Existem programas/estudos de valorização para os resíduos gerados.</p>	
<b>Resíduos Líquidos</b>	
<p>São gerados grandes quantidades e variedade de resíduos líquidos.</p> <p>Existe um programa de gerenciamento deste resíduo que garanta a correta segregação e destinação.</p> <p>É necessário fazer algum tipo de lavagem no processo produtivo que gere efluente (embalagens, locais, máquinas).</p> <p>Existe monitoramento contínuo e tratamento interno que garantam a adequação dos efluentes as normas e legislações vigentes.</p> <p>Medidas para redução da geração de efluentes estão sendo implantadas/estudadas.</p>	
<b>Resíduos Gasosos</b>	
<p>Emissão de gases que favorecem o aquecimento global e a diminuição da camada de ozônio.</p> <p>Todas as fontes emissoras são monitoradas afim de garantir a adequação às legislações e normas vigentes.</p> <p>Todas as fontes emissoras são equipadas com filtros visando minimizar possíveis impactos ambientais.</p>	

<p>Autorias periódicas são realizadas para evitar vazamentos de gases.</p>	
<p>Existem programas ou estudos que avaliem a possibilidade do reaproveitamento dos gases gerados nessa etapa</p>	
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>	
<b>Escolha do Material</b>	
<p>Uso de materiais totalmente ou parcialmente reciclados nos acessórios de transporte e embalagens</p>	
<p>Todas as embalagens e acessórios utilizados no transporte (pallets) são passíveis de reutilização.</p>	
<p>São utilizados materiais biodegradáveis nas embalagens.</p>	
<p>A produção de embalagens e pallets são realizadas internamente ou nas proximidades da empresa.</p>	
<p>Os materiais utilizados tem pequena vida útil.</p>	
<b>Uso de energia</b>	
<p>O combustível utilizado no transporte, de produtos e embalagens, são oriundos da queima de combustível fóssil.</p>	
<p>Prioriza-se a otimização do uso dos compartimentos para o transporte, evitando excesso de transporte.</p>	
<p>Existe algum programa ou estudo de fontes combustíveis alternativas. (Empilhadeiras elétricas)</p>	
<p>Existem programas para promover o mínimo de deslocamento dos produtos. (Longas distâncias têm maior custo)</p>	
<p>Existe algum programa de remediação para os impactos causados pelas fontes de energia, combustíveis, utilizadas.</p>	
<b>Resíduos Sólidos</b>	
<p>O fornecedor ou a empresa produtora são responsáveis pelo recolhimento de embalagens e acessórios de transporte.</p>	
<p>Existe a necessidade de tratamento antes do descarte ou da reutilização das embalagens.</p>	
<p>Embalagens e acessórios são reutilizados ou reciclados em sua maioria.</p>	
<p>As embalagens são recicláveis.</p>	
<p>Embalagens e acessórios de transporte são compostos por materiais de fácil segregação e recicláveis.</p>	
<b>Resíduos Líquidos</b>	
<p>Nesta etapa, há possibilidade de vazamento de efluentes</p>	

<p>perigosos/tóxicos.</p> <p>Os efluentes gerados necessitam de tratamento antes da disposição final.</p> <p>É necessário fazer algum tipo de lavagem nas embalagens, containers ou demais acessórios que gere efluente.</p> <p>Existe um plano de contenção emergencial para possíveis acidentes.</p> <p>São realizadas vistorias periódicas para evitar vazamentos de efluentes líquidos.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Resíduos Gasosos</b>	
<p>Realizado controle contínuo para garantir adequação às legislações e normas vigentes</p> <p>Emissão de gases que favorecem o aquecimento global e a diminuição da camada de ozônio.</p> <p>Existe um plano de contenção emergencial para possíveis acidentes.</p> <p>São realizados periódicos testes de "fumaça preta" como parte do controle de emissões gasosas desta etapa.</p> <p>Existem planos/programas para minimizar a emissão de gases nesta etapa.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>USO</b>	
<b>Escolha do Material</b>	
<p>Os materiais escolhidos favorecem a possibilidade de manutenção.</p> <p>Os materiais utilizados tem vida útil maior ou igual a 10 anos.</p> <p>Os materiais escolhidos não possuem suas características de reuso/reciclagem alteradas nesta etapa.</p> <p>Materiais são consumidos nesta etapa e o uso do produto depende da reposição destes.</p> <p>Existem estudos ambientais que auxiliam na definição do design do produto.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Uso de energia</b>	
<p>Existe a possibilidade de utilizar mais de um tipo de energia para alimentar o uso do produto.</p> <p>O uso do produto esta vinculado ao consumo de energia constante durante esta etapa.</p> <p>Existem opções para diminuir o consumo de energia durante utilização do produto ("stand by", função hibernar...)</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

<p>O produto é desenvolvido para garantir eficiência energética. Estudos constantes buscam melhorar a eficiência energética do produto.</p>	
<b>Resíduos Sólidos</b>	
<p>Não são gerados resíduos sólidos nesta etapa. São gerados resíduos sólidos não recicláveis nesta etapa. Todos os resíduos gerados podem ser reutilizados internamente na empresa. Existe um programa de responsabilização da empresa produtora para retirada dos resíduos gerados pelo seu produto durante o uso. Estudos ambientais estão previstos ou em andamento para viabilizar a diminuição da geração de resíduos nesta etapa.</p>	
<b>Resíduos Líquidos</b>	
<p>Não são gerados resíduos líquidos nesta etapa. São gerados efluentes tóxicos durante o uso do produto. Os efluentes gerados necessitam de tratamento antes da disposição final. Existe um programa de responsabilização da empresa produtora para tratamento e destinação correta dos efluentes gerados no uso. Estudos ambientais estão previstos ou em andamento para viabilizar a diminuição da geração de resíduos nesta etapa.</p>	
<b>Resíduos Gasosos</b>	
<p>Não são gerados resíduos gasosos nesta etapa. Existe a possibilidade de liberação de gases tóxicos nesta etapa. Existem dispositivos instalados para alertar quanto à possíveis vazamentos. Emissão de gases que favorecem o aquecimento global e a diminuição da camada de ozônio. Estudos ambientais estão previstos ou em andamento para viabilizar a diminuição da geração de resíduos nesta etapa.</p>	
<b>FIM DE VIDA</b>	
<b>Escolha do Material</b>	
<p>São gerados materiais perigosos, de acordo com a definição do Lei 12.305/2010.</p>	



<p>Os materiais gerados são de fácil desmontagem . A empresa tem programa formal de retorno do produto acabado para aproveitamento do material.</p> <p>Os materiais gerados, não recicláveis, são biodegradáveis. A maioria (mais de 50%) dos materiais gerados, não tem possibilidade de reutilização após desmontagem.</p>	
<b>Uso de energia</b>	
<p>São utilizadas fontes renováveis no processo desmonte e destinação do resíduo.</p> <p>A recuperação dos materiais depende de elevadas temperaturas o que exige grande demanda energética (esmaltaços por exemplo).</p> <p>O desmonte do material é terceirizado o que demanda energia devido ao deslocamento.</p> <p>Continuamente, estudos são feitos para otimizar o processo e a demanda de energia.</p> <p>A empresa prioriza a reciclagem interna dos materiais, priorizando assim a diminuição dos gastos energéticos no ciclo de vida de seus produtos.</p>	
<b>Resíduos Sólidos</b>	
<p>A empresa já tem programas para o recolhimento dos seus produtos ao fim do ciclo de vida dos mesmos.</p> <p>A maior parte dos resíduos gerados são classificados como resíduos perigosos, de acordo com a definição do Lei 12.305/2010.</p> <p>Estudos de logística reversa são realizados para que a maior parte dos materiais seja reintegrada a processos produtivos.</p> <p>Para os resíduos que não são reutilizados internamente, existem programas para a valorização destes evitando o envio para o aterro.</p> <p>A maioria dos resíduos gerados (em Kg) ainda é enviado para aterros industriais.</p>	
<b>Resíduos Líquidos</b>	
<p>Não são gerados efluentes nesta etapa.</p> <p>Existe um monitoramento contínuo para garantir a adequação às legislações vigentes.</p> <p>Existem programas para a valorização dos efluentes gerados no processo de desmonte.</p>	

<p>Ao final da vida útil do produto, são gerados efluentes perigosos, de acordo com a definição do Lei 12.305/2010. Estudos ambientais estão previstos ou em andamento para viabilizar a diminuição da geração de resíduos nesta etapa.</p>		
<b>Resíduos Gasosos</b>		
<p>Não são geradas emissões nesta etapa.          Existe um monitoramento contínuo para garantir a adequação às legislações vigentes.          Emissão de gases que favorecem o aquecimento global e a diminuição da camada de ozônio.          Existem programas ou estudos que avaliem a possibilidade do reaproveitamento dos gases gerados nessa etapa          Estudos ambientais estão previstos ou em andamento para viabilizar a diminuição da geração de resíduos nesta etapa.</p>		

## APÊNDICE B – CHECKLIST DE CUSTOS

**Quadro 7:** Questões do *Checklist* de Análise de Custos

<b>PRÉ-PRODUÇÃO</b>	
<b>Materiais/Equipamentos/Recursos</b>	
Custo de aquisição da matéria prima	
Custo do projeto(mão de obra, protótipos, testes, etc.)	
Custo de transporte dos materiais (transporte externo e interno)	
<b>Uso de Energia</b>	
Custo da energia para preparação dos materiais	
<b>Resíduos Sólidos</b>	
Custo de destinação dos resíduos gerados	
<b>Resíduos Líquidos</b>	
Custo do tratamento e destinação dos resíduos líquidos	
<b>Resíduos Gasosos</b>	
Custo da depreciação e manutenção dos equipamentos de controle das emissões	
<b>PRODUÇÃO</b>	
<b>Materiais/Equipamentos/Recursos</b>	
Custo de mão de obra direta	
Custo de manutenção das máquinas	
Custo de materiais indiretos	
<b>Uso de Energia</b>	
Custo de energia na produção	
<b>Resíduos Sólidos</b>	
Custo de destinação dos resíduos gerados	
<b>Resíduos Líquidos</b>	
Custo do tratamento e destinação dos resíduos líquidos	
<b>Resíduos Gasosos</b>	
Custo da depreciação e manutenção dos equipamentos de controle das emissões	
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>	

Materiais/Equipamentos/Recursos	
Custo das embalagens e acessórios de transporte(ex.: pallets)	
Custo do transporte do produto final	
Uso de Energia	
Custo de energia/combustível na distribuição	
Resíduos Sólidos	
Custo de destinação dos resíduos gerados	
Resíduos Líquidos	
Custo do tratamento e destinação dos resíduos líquidos	
Resíduos Gasosos	
Custo da depreciação e manutenção dos equipamentos de controle das emissões	
USO	
Materiais/Equipamentos/Recursos	
Taxa de depreciação	
Custo da depreciação durante a vida útil	
Uso de Energia	
Custo do consumo de energia durante utilização do produto	
Taxa de consumo energético do produto (kWh/"x")	
Tarifa da energia fornecida	
Período considerado na taxa de consumo	
Vida útil do projetada (anos)	
Valor de mercado do produto	
Resíduos Sólidos	
Custo de destinação dos resíduos gerados	
Resíduos Líquidos	
Custo do tratamento e destinação dos resíduos líquidos	
Resíduos Gasosos	
Custo da depreciação e manutenção dos equipamentos de controle das emissões	
FILM DE VIDA	
Materiais/Equipamentos/Recursos	

Custo do recolhimento do produto obsoleto	
Custo de mão de obra direta	
<b>Uso de Energia</b>	
Custo de energia no desmonte do produto	
<b>Resíduos Sólidos</b>	
Custo de destinação dos resíduos gerados	
<b>Resíduos Líquidos</b>	
Custo do tratamento e destinação dos resíduos líquidos	
<b>Resíduos Gasosos</b>	
Custo da depreciação e manutenção dos equipamentos de controle das emissões	

## APÊNDICE C – “MENU”

**Figura 18:** “MENU” da ferramenta



**APÊNDICE D – CD – FERRAMENTA DE ANÁLISE DE  
DESEMPENHO AMBIENTAL E FINANCEIRO**