

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GIOVANI ELIAS TAGLIAFERRO DOS SANTOS**

**INTEGRAÇÃO DO MAPA DE FLUXO DE VALOR COM AVALIAÇÃO  
DO CICLO DE VIDA EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA  
PINTURA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**GIOVANI ELIAS TAGLIAFERRO DOS SANTOS**

**INTEGRAÇÃO DO MAPA DE FLUXO DE VALOR COM AVALIAÇÃO  
DO CICLO DE VIDA EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA  
PINTURA**



Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

Coorientadora: Profa. Dra. Leila Mendes da Luz

**PONTA GROSSA**

**2018**

	Ministério da Educação UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS PONTA GROSSA Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção	 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
---	---	---

## TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

Integração do Mapa de Fluxo de Valor com Avaliação do Ciclo de Vida em uma indústria de produtos para pintura

por

*Giovani Elias Tagliaferro dos Santos*

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 29 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski**  
Prof. Orientador

---

**Prof. Dr. Fabio Neves Puglieri**  
Membro titular

---

**Profa. Dra. Daiane Maria de Genaro Chirolí**  
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar forças na caminhada durante a minha graduação.

Também ao Departamento de Engenharia de Produção, junto a todos os professores que colaboraram com minha formação, principalmente aos professores Cassiano e Leila, que me deram a oportunidade de desenvolver o TCC com a ajuda deles. Aos colegas Murilo e Rodrigo que me prestaram apoio ao desenvolvimento do trabalho, os meus agradecimentos a todos vocês.

Por fim, agradeço a minha família e namorada, que sempre estiveram presentes, auxiliando, apoiando e acreditando no meu potencial, para que meu sonho se realizasse.

## RESUMO

SANTOS, Giovani Elias Tagliaferro dos. **Integração do mapa de fluxo de valor com avaliação do ciclo de vida em uma indústria de produtos para pintura.** 2018. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Este estudo teve como objetivo promover a integração das ferramentas de Mapa de Fluxo de Valor e Avaliação do Ciclo de Vida com foco propor melhorias na ecoeficiência de uma família de produtos em uma indústria no Sul do Brasil. O Mapa de Fluxo de Valor é uma das ferramentas utilizadas na filosofia da Produção Enxuta, que teve origem no Japão na empresa da Toyota. Esta ferramenta tem como princípio mapear o fluxo de valor do processo produtivo, pois com a sua construção seja melhor visto o processo, podendo ser analisados os estoques, o que agrega valor e não agrega valor ao produto, os tempos de processamentos e troca de ferramentas, como também o comportamento do cliente, no caso a demanda, buscando gerar dessa forma o que é mais importante para o cliente. Já a Avaliação do Ciclo de Vida, com uma finalidade ambiental, tem como objetivo também o mapeamento de um processo, onde são avaliados os impactos ambientais causados pela produção por meio das categorias de impacto de maior relevância para o processo. A integração das duas ferramentas ocorreu a partir do acréscimo de valores referentes a ACV, demonstrando as categorias de impacto relevantes do processo. Sendo elas a Depleção dos Recursos Abióticos, Potencial de Mudança Climática, Potencial de Toxicidade humana. As melhorias foram propostas a partir de um plano de ação construído, para que se conseguisse atingir as metas definidas no Mapa de Fluxo de Valor e Avaliação do Ciclo de Vida futuro, sabendo que o mapa futuro são os marcos onde a empresa objetiva chegar. Com as propostas apresentadas, pode se conseguir a redução de aproximadamente 20% do consumo de energia elétrica a partir da melhora da disponibilidade da injeção, troca rápida de ferramenta e redução do Tempo de ciclo e redução de material utilizado no produto. O trabalho conquistou também a redução de mais de 75% de estoque de matéria prima, intermediário e estoque de produto acabado. Com as duas ferramentas integradas, pode-se conquistar melhores resultados econômicos, sociais e ambientais tornando as empresas diferenciadas em relação ao mercado. A partir disso, o trabalho buscou apresentar os resultados que a integração entre as principais ferramentas de *Lean* e Sustentabilidade pudessem alcançar.

**Palavras-chave:** Mapa de fluxo de valor. Avaliação do ciclo de vida. Produção enxuta. Impacto ambiental.

## ABSTRACT

SANTOS, Giovani Elias Tagliaferro dos. **Integration of value stream map with life cycle assessment in products of paint industry**. 2018. 85 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Engineering Production) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2018.

This study aimed to promote the integration of Value Stream Mapping and Life Cycle Assessment tools with the aim of proposing improvements in the eco-efficiency of a family of products in an industry in the South of Brazil. The Value Stream Map is one of the tools used in the Lean Production philosophy that originated in Japan in the Toyota company. This tool has as a principle to map the flow of value of the productive process, since with its construction the process is better seen, and the inventories can be analyzed, which adds value and does not add value to the product, processing times and tool changes, as well as the behavior of the customer, in this case the demand, seeking to generate in this way what is more important for the client. The Life Cycle Assessment, with an environmental purpose, also aims to map a process, where the environmental impacts caused by production are evaluated through the impact categories of greatest relevance to the process. The integration of the two tools occurred from the addition of values referring to LCA, demonstrating the relevant impact categories of the process. These are the Depletion of Abiotic Resources, Climate Change Potential, Human Toxicity Potential. The improvements were proposed based on a built-up plan of action to achieve the goals defined in the Future Value Chain and Value Flow Map, knowing that the future map is the milestones where the company aims to reach. With the proposals presented, a reduction of approximately 20% of the electric energy consumption can be achieved by improving the availability of the injection, rapid tool change and reduction of cycle time and reduction of material used in the product. The work also achieved a reduction of more than 75% in stock of raw material, intermediate and finished product stock. With the two integrated tools, one can achieve better economic, social and environmental results, making companies differentiated in relation to the market. From this, the work sought to present the results that the integration between the main Lean and Sustainability tools could achieve.

**Keywords:** Value stream map. Life cycle assessment. Lean Manufacturing. Environmental impact.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES / GRÁFICOS / QUADROS / TABELAS

Figura 1 – Casa do STP.....	19
Figura 2 – Fluxo de Valor .....	21
Figura 3 – Etapas do MFV.....	23
Figura 4 – Fases de uma ACV .....	29
Figura 5 – Procedimentos simplificados para análise de inventário .....	31
Figura 6 – Elementos de fase de AICV .....	33
Figura 7: Relação entre Lean Manufacturing e os paradigmas Green .....	36
Figura 8 – MFV – Injeção .....	38
Figura 9 – Procedimentos Metodológicos .....	41
Figura 10 – Brocha para pintura.....	46
Figura 11 – Sistema de produto da brocha .....	48
Figura 12 – Mapa de Fluxo Atual da família da Brocha – situação atual.....	53
Figura 13 – Mapa de Fluxo de valor com Avaliação do Ciclo de Vida Atual.....	61
Figura 14 – Mapa de Fluxo de Valor com Avaliação do Ciclo de Vida – Situação futura .....	63
Figura 15 – Fluxo de processo <i>Cradle-to-gate</i> do processo de brocha.....	79
Figura 16 – Diagrama de Sankey de Depleção de Recursos Abióticos – situação atual.....	80
Figura 17 - Diagrama de Sankey de Potencial de Toxicidade Humana – situação atual.....	81
Figura 18 - Diagrama de Sankey de Potencial de Mudança Climática – situação atual .....	82
Figura 19 - Diagrama de Sankey de Depleção de Recursos Abióticos– situação futura .....	84
Figura 20 - Diagrama de Sankey de Potencial de Toxicidade Humana – situação futura .....	85
Figura 21 - Diagrama de Sankey de Potencial de Mudança Climática – situação futura .....	86
Gráfico 1 - Variação percentual da Construção Civil e PIB .....	17
Gráfico 2 – Relação Futuro x Atual de Consumo de Energia Elétrica.....	68
Gráfico 3 - Relação Futuro x Atual de Depleção de Recursos Abióticos.....	68
Gráfico 4 - Relação Futuro x Atual de Potencial de Mudança Climática .....	69
Gráfico 5 - Relação Futuro x Atual de Potencial de Toxicidade Humana .....	69
Quadro 1 – Família de produtos.....	22
Quadro 2 – Símbolos MFV para materiais e informação .....	24
Quadro 3 – Definição de famílias de brochas.....	50
Quadro 4 – Plano de ação.....	67

Tabela 1 – Entradas e saídas da produção de brocha.....	55
Tabela 2 – Depleção Abiótica de recursos (CML2001) .....	57
Tabela 3 – Potencial de Mudança Climática (GWP100).....	58
Tabela 4 – Potencial de Toxicidade humana (HTP100) .....	59
Tabela 5 – Depleção Abiótica de recursos (CML2001) (estado futuro).....	64
Tabela 6 – Potencial de Mudança Climática (GWP100) (estado futuro) .....	65
Tabela 7 – Potencial de Toxicidade humana (HTP100) (estado futuro).....	66



## **LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS**

### **LISTA DE SIGLAS**

5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CNI	Confederação Nacional da Indústria
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
LCA	Life Cycle Assessment
LT	Lead Time
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
OEE	Overall Equipment Effectiveness
STP	Sistema Toyota de Produção
TT	Takt Time
VSM	Value Stream Map

### **LISTA DE ACRÔNIMOS**

AMANACO	Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção
ASMI	Athena Sustainable Materials Institute
Ifu	Instituto de Informática Ambiental da Universidade de Hamburgo
ISO	International Organization of Standardization
JIT	Just In Time
LIB	Lean Institute Brasil
ONU	Organização das Nações Unidas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 PROBLEMA .....	13
1.2 OBJETIVO GERAL .....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.4 JUSTIFICATIVA.....	14
1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
2.2 LEAN MANUFACTURING .....	18
2.3 MAPA DE FLUXO DE VALOR.....	20
2.3.1 Escolhendo produtos para o MFV.....	21
2.3.2 Desenvolvendo o MFV Atual.....	22
2.3.3 Mapa de fluxo de valor futuro.....	25
2.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA .....	27
2.4.1 Definição de objetivo e escopo .....	29
2.4.2 Análise de inventário de ciclo de vida (ICV).....	30
2.4.3 Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV).....	32
2.4.4 Interpretação.....	34
2.5 INTEGRAÇÃO DE MFV E ACV .....	35
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>40</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	40
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	40
3.2.1 Primeira etapa.....	41
3.2.2 Segunda Etapa .....	42
3.2.3 Terceira Etapa .....	43
3.2.4 Quarta Etapa.....	43
3.2.5 Quinta Etapa.....	43
3.3 VERIFICAÇÃO DAS MELHORIAS .....	44
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
4.1 INFORMAÇÕES INICIAIS .....	46
4.1.1 Objetivo.....	46
4.1.2 Escopo.....	47
4.2 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE MFV E ACV .....	49
4.2.1 Mapa de Fluxo de Valor.....	50
4.2.1.1 Definição da família de produtos.....	50
4.2.1.2 Cálculo do <i>takt time</i> .....	51
4.2.1.3 Construção do mapa de fluxo de valor.....	51
4.2.2 Avaliação de Ciclo de Vida .....	54
4.2.2.1 Análise de inventário de ciclo de vida .....	54

4.2.2.2 Avaliação de impactos do ciclo de vida.....	55
4.3 INTEGRAÇÃO DAS FERRAMENTAS E PLANEJAMENTO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA.....	59
4.3.1 Mapa de Fluxo de Valor Futuro.....	62
4.3.2 Propostas de melhoria .....	66
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE A - Modelagem da ACIV da brocha na situação Atual .....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE B - Modelagem da AICV da brocha na situação Futura.....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com uma grande concorrência entre as indústrias por uma fatia de mercado e discussões que vem à tona sobre impactos ambientais gerados pelas indústrias e a sociedade buscando por uma produção mais consciente de seus produtos de consumo. Faz dessa forma com que as empresas busquem caminhos mais sustentáveis e inovadores. Não podendo esquecer que os mesmos consumidores que pedem por produtos ambientalmente corretos, estão consumindo grandes quantidades de produtos fornecidos pelas empresas. Dessa forma as grandes companhias representam a maior parte das emissões de poluentes no mundo.

Juntando os temas de conscientização das indústrias e dos consumidores, pode-se dessa forma, reduzir os problemas causados pelo grande volume de produção com um pensamento mais sustentável, o que muitas indústrias da Europa e Estados Unidos já vêm buscando há algum tempo. Sendo dessa forma um chamado para as empresas nacionais buscarem os mesmos resultados, pois podem se diferenciar das demais companhias. Com isso obteriam um diferencial para as empresas que querem se destacar nacionalmente por meios econômicos e sustentáveis.

Dessa forma, o trabalho buscará apresentar uma conciliação entre as ferramentas de Mapa de fluxo de valor e Avaliação do ciclo de vida, onde traz a eficiência nos processos produtivos a partir da metodologia da Produção Enxuta e os indicadores de emissões geradas, tornando dessa forma os produtos menos nocivos ao meio ambiente.

O Mapa de Fluxo de Valor (MFV), apresentado pela Toyota com o *Lean Manufacturing*, que em uma folha consegue mostrar todo o processo de uma família de produtos com um objetivo de facilitar a visualização, e a partir dela se construir um MFV Futuro, que mostrará as possíveis melhorias que a o processo de produção pode sofrer com os Kaizen's observados, junto a um plano de ação.

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), no Brasil ainda é pouco conhecido, mas vem aparecendo em grandes empresas como uma grande ferramenta quando dito em sustentabilidade. Isso acontece por sua robustez, trazendo para essas empresas grandes conhecimentos sobre seu processo produtivo, pois pode mapear através de seus bancos de dados o quão prejudicial ao meio ambiente é a confecção de seus produtos.

Pois com a ajuda das ferramentas de ACV e MFV em conjunto, poderá trazer para as empresas resultados relevantes em quando se diz em eco eficiência que tem como significado a redução dos custos e a redução dos impactos ambientais gerados pelo desenvolvimento de produtos, como também na redução de custos que são gerados a partir das perdas e desperdícios no processo produtivo. Com isso as empresas nacionais poderão tornar seus processos produtivos mais econômicas a partir da eficiência que as melhorias gerarão e amigáveis ambientalmente, onde são de grande importância para os consumidores atuais, pois os mesmos têm conhecimento sobre a importância da preservação do meio ambiente.

### 1.1 PROBLEMA

Como se pode integrar as ferramentas de Mapa de Fluxo de Valor (MFV) e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em uma indústria, objetivando a melhoria na ecoeficiência de uma família de produtos?

### 1.2 OBJETIVO GERAL

Promover a integração das ferramentas de MFV e ACV para melhoria na ecoeficiência de uma família de produtos para pintura no Sul do Brasil.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar o estado da arte de MFV e ACV;
- Construir o MFV atual de uma família de produtos da empresa para proposição de melhorias;
- Aplicar a ACV para a família de produtos da empresa na condição atual;
- Desenvolver um plano de ação com o objetivo de alcançar as melhorias definidas do mapa de fluxo de valor futuro;
- Avaliar os resultados da integração do MFV com a ACV.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

As questões ambientais já foram consideradas como um empecilho para as empresas, somente gerando custos, necessidades de licenças para operação ou somente para a prevenção de riscos para a mesma. Porém, agora já vem sendo analisada com outra visão, pois está se tornando uma vantagem competitiva, criando valor para o cliente através da inovação e do ambientalmente correto (MATOS e QUELHAS, 2008). Dessa forma o favorecimento para o aumento das oportunidades e resultados econômicos e sustentáveis nas indústrias, como na Engenharia de Produção surgem através da gestão ambiental, gestão de processos e sustentabilidade corporativa (PIEKARSKI, 2013).

Organizações de todos os tipos estão cada vez mais preocupadas com o atingimento e demonstração de um desempenho ambiental correto, por meio do controle dos impactos de suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente, coerente com sua política e seus objetivos ambientais. Agem assim dentro de um contexto de legislação cada vez mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas e outras medidas visando adotar a proteção ao meio ambiente e de uma crescente preocupação expressa pelas partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável (ABNT, 2004, p. v).

Como na parte ambiental, o *Lean* mesmo que surgido no século passado, ainda é uma grande vantagem para aquele que a programa. Pois, mesmo com todos os esforços que são depositados nas ferramentas, e na filosofia *Lean*, o mundo está apenas modestamente mais *Lean* (WOMACK, 2016).

O problema que surge é que não há falta de desperdícios no mundo, mas há falta de valor. Pois as práticas e as mentalidades combinadas entre elas fornecem a oportunidade de converter o desperdício em valor. As mentalidades e práticas *Lean*, combinadas, fornecem a melhor forma conhecida para converter desperdício em valor (WOMACK, 2016).

Com isso, pode-se ver a importância do Mapa de Fluxo de Valor e da Avaliação do Ciclo de Vida que serão abordados neste trabalho, pois mesmo sendo algumas ferramentas comuns no meio acadêmico, elas não estão em seu melhor estado de execução. Sendo dessa forma, ferramentas pela qual se uma empresa as implementa, e as executa de forma correta, pode se colocar a frente de demais empresas.

A engenharia de produção é importante para as questões de responsabilidade social, econômica e ambiental, buscando contribuir para com a sociedade, através de inovações e melhorias. Os problemas ambientais, trazem desafios para as empresas e engenheiros de produção a fim de se conseguir uma produção mais limpa (BATALHA, 2007). Dessa forma essa área vem com o intuito de melhorar, manter, implantar os sistemas produtivos e serviços prestados pelas empresas, buscando especificar, prever e avaliar os resultados que são obtidos através dos mesmos sistemas para a sociedade e meio ambiente (ABEPRO, 1998).

E é dessa forma que o trabalho vem para apoiar as empresas que se sentem necessitadas desses diferenciais, para que possam chegar a excelência.

### 1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho foi realizado em uma empresa que fornece ao mercado brasileiro produtos para pintura imobiliária localizada no sul do Brasil.

A pesquisa realizada se delimitou no estudo de caso, e serão utilizadas metodologias já existentes e aplicar na empresa produtos para pintura, para se avaliar os benefícios ambientais, de eficácia e viabilidade.

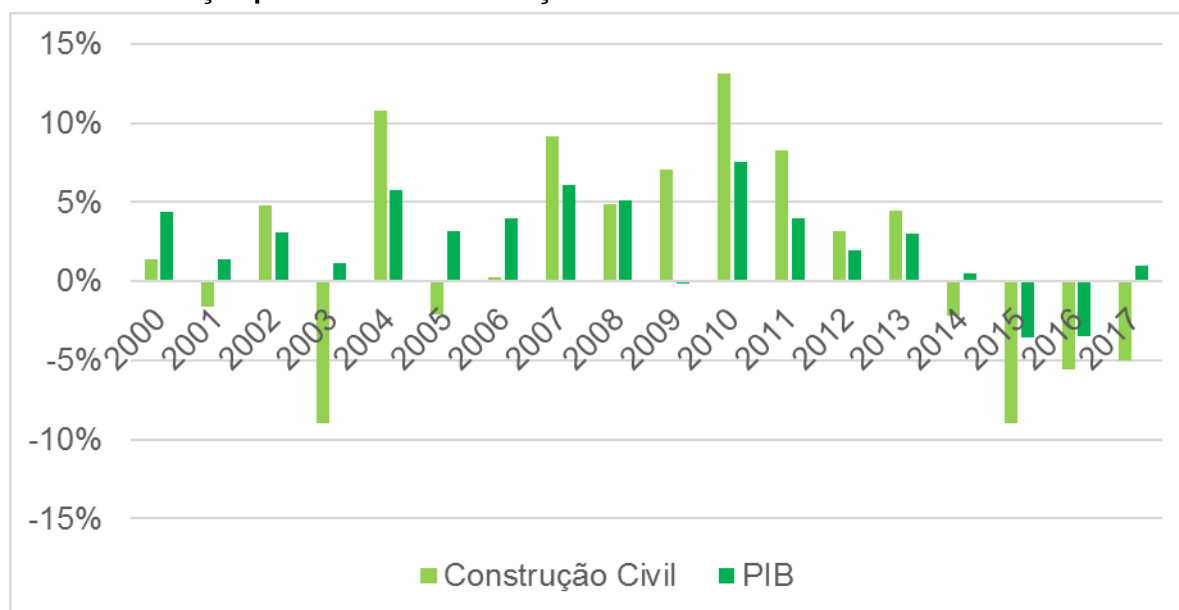
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentada uma base teórica para entendimento do trabalho desenvolvido. Dessa forma, serão introduzidas informações do mercado envolvido no estudo, sendo ele a construção civil, para tomar conhecimento de sua atuação no Brasil. Posteriormente, é apresentada a filosofia *Lean Manufacturing* juntamente com sua ferramenta de Mapa de Fluxo de Valor (MFV). Logo após uma introdução à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e o software definido para desenvolvimento do trabalho. Por fim, é abordado a integração das duas ferramentas como forma de atingir os objetivos apresentados na introdução.

### 2.1 HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com as condições atuais do Brasil, pode ser visto no Gráfico 1, onde PIB do país começa a se recuperar depois de dois anos passando por uma retração, sendo eles 2015 e 2016, da mesma forma aconteceu com a construção civil no período de 2017. Pode ser visto uma melhora no setor já que nos anos anteriores quando o PIB obteve resultados positivos o segmento obtinha de resultados semelhantes (AMANACO, 2018).



**Gráfico 1 - Variação percentual da Construção Civil e PIB**

Fonte: Adaptado de IBGE - Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Contas Nacionais (2018).

Dessa forma, em 2018, as expectativas são positivas para esses mercados, juntamente com as indústrias desse ramo, que em relação ao mês de fevereiro de 2017 teve um aumento de 3%, já comparando com março, teve um aumento de 2% em relação ao mesmo ano passado. Fazendo com que os comerciantes busquem por investimentos na área. Pois, o primeiro trimestre do ano tem historicamente resultados negativos já que a meteorologia não favorece as obras, juntamente com pagamento de taxas governamentais (AMANACO, 2018).

Os empresários do setor também se encontram confiantes em 2018, pois, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) apresenta resultados entre 0 a 100, onde 50 representa uma melhora e abaixo uma piora, e o apresentado no mês de março foi de 57,0. Depois de um grande retrocesso até março de 2016 que somava 35,6 (CNI, 2018).

Com isso, a importância para o desenvolvimento deste trabalho, para que com os cenários atuais, a empresa estudada possa ser mais competitiva e atrativa para os clientes e consumidores das brochas, devendo acompanhar a previsão de crescimento do segmento de construção civil.

## 2.2 LEAN MANUFACTURING

O *Lean Manufacturing* surgiu no Japão após a Segunda Guerra Mundial, na Toyota pelo engenheiro da época Taiichi Ohno, que trouxe a empresa esta filosofia operacional com objetivo de especificar valor, em ações que criam valor, realizar atividades sem interrupções, de forma cada vez mais eficaz, ou seja, fazendo mais com menos tempo, matéria prima, mão de obra, etc. (LIB, 2018a). A essência do *Lean Manufacturing*, é de poder eliminar os desperdícios a partir da melhoria contínua, mais conhecido como Kaizen, de maneira sistemática. Fazendo repensar as ações de cada nível da empresa, engajando e tendo o objetivo claro na criação de valor para o cliente (LIB, 2018b).

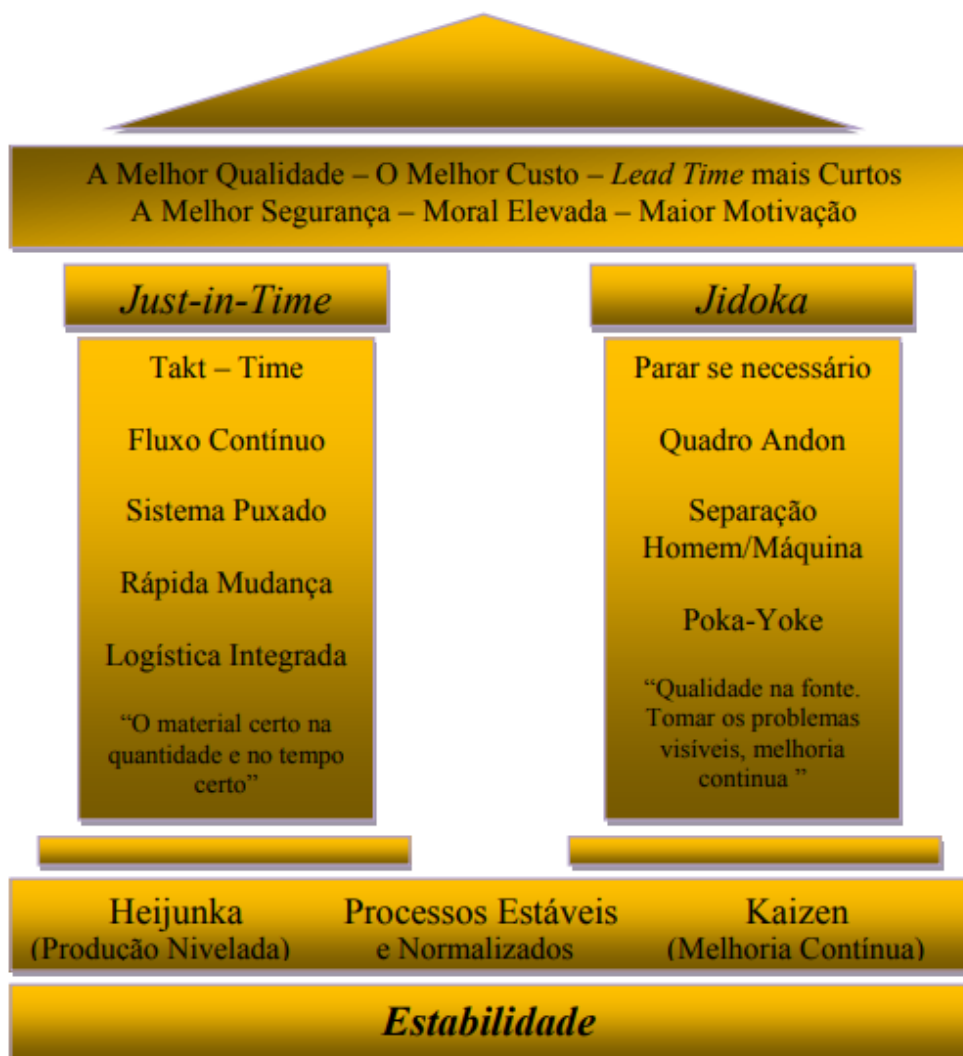
Também conhecido por Sistema Toyota de Produção (STP), segundo Shingo (1960),

“[...] consiste na identificação e na eliminação das perdas e na redução dos custos. Os estoques são eliminados a partir do tratamento e da superação das condições ocultas que causam essas perdas. [...] Outra estratégia importante, do ponto de vista de operações, é a separação do homem e da máquina – pré-automação para chegar à operação simultânea de máquinas” (SHINGO, 1960, p. 129).

Essas perdas, ou como descrito por Ohno (1997) nominado como os sete desperdícios, sendo: a superprodução que se refere a uma produção feita para estoque, pois é produzido a mais do que pedido pelo cliente; o tempo de espera, que são as paradas por ociosidade, podendo ser pelo cliente ou pelo processo; o inventário, que se refere a estocagem de matéria-prima, pois ocupam espaço, custos de manutenção e instalações apropriadas; transporte, sendo pelo excesso de movimentação desnecessária em relação a um produto; movimentação que é em um posto de trabalho em que o operador precisa realizar muitos movimentos; defeitos que pode ser classificados como refugo ou retrabalho, pois o primeiro necessita ser descartado e o segundo deve ser passado novamente pelo processo para que esteja nas conformidades do cliente; e por fim, os desperdícios de processos, pois existem esforços que não agregam valor ao produto ou serviço para o cliente final (OHNO, 1997).

A partir daí algumas ferramentas desenvolvidas por essa filosofia vem ajudar a eliminar os desperdícios citados, como as apresentadas na Figura 1.

**Figura 1 – Casa do STP**



Fonte: GREETING, 2009 e PINTO 2008

Na Figura 1, pode-se ver algumas das ferramentas que o Lean abrange, como no pilar do *Just-In-Time* (JIT) que tem como objetivo não ter estoques, produzindo somente quando requisitado pelo cliente (GALLARDO, 2007), tendo também dessa forma um processo com curto *Lead Time* e processo confiável (ROTHER, 2003). Para Ohno (1997), significa um processo em fluxo, pois o material necessário para produzir uma peça só vai para a montagem quando é necessário e na quantidade necessária. Já na segunda coluna, o *Jidoka* tem como significado a automação com toque humano, podendo ser chamada também de autonomação por Taiichi Ohno, que a máquina tem seu funcionamento automático, porém com o

monitoramento do operador, para assim evitar a produção de peças ou produtos defeituosos. Deixando dessa forma, a responsabilidade da produção com qualidade ao longo da cadeia de valor, por isso é chamado também de filosofia (MOREIRA, 2011).

Algumas das ferramentas que são utilizadas no *Lean* são 5S, Heijunka, *Single Minute Exchange to Die* (SMED), Poka-yoke, 6 Sigma, Gestão visual, TPM, e Kanban e *Value Stream Map* (VSM). O VSM é descrito a seguir, ditando dessa forma como seguir a metodologia da Produção Enxuta (MOREIRA, 2011).

### 2.3 MAPA DE FLUXO DE VALOR

O Mapa de Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* (VSM), que é uma das ferramentas da filosofia de gerenciamento *Lean Manufacturing* (VOITTO, 2017), se refere ao fluxo de valor sendo em agregação ou não de valor diretamente no produto. É necessário para trazer os fluxos essenciais para cada produto, podendo enxergar desde os fornecedores até o cliente final. Podendo desenvolver, não somente o processo produtivo, mas também as demais atividades que envolvem a produção e venda dos produtos (ROTHER, 2003).

Como pode ser observado na Figura 2, o fluxo total de valor vai desde os fornecedores até o usuário do produto em fluxo. Podendo aumentar a complexidade conforme a experiência e necessidades de quem aplica, dando dessa forma uma visão completa e simples do processo estudado (ROTHER, 2003). Segundo Womack (2004), essa análise quase sempre mostra que ocorrem três tipos de ação ao longo de sua extensão, como muitas etapas geram valor, como exemplo, uma solda de uma bicicleta não agrega valor ou mesmo uma inspeção, e por fim, muitas etapas adicionais podem gerar desperdícios durante o processo.

**Figura 2 – Fluxo de Valor**



**Fonte: Adaptado de ROTHER (2003)**

Além do fluxo de valor, tem-se o fluxo de informação não menos importante, que deve também ser mapeado, que se constitui o que o processo vai produzir naquele momento e após terminado tal atividade (ROTHER, 2003).

Deve ficar claro que mapear os fluxos de valor é um exercício relevante, porém de nada serve a ferramenta sem ter ações concretas pela qual a empresa tem que buscar para se chegar ao planejado no MFV. Dessa forma, é indicado para as empresas que desenvolvam a ferramenta a partir do que se consegue executar, pois os recursos e tempo são limitados (FERRO, 2005).

Segundo Rother (2003), o MFV é uma ferramenta essencial para uma empresa, que pode ajudar a: enxergar o fluxo e não a individualidade de processo; ajudar a identificar as fontes de desperdícios; tratar os processos com uma linguagem comum; tornar as decisões tomadas para o MFV Futuro visíveis; juntar e implementar as ferramentas e o conceito da produção enxuta; e, ajudar na construção de um plano de ação tendo o MFV como base. Além disso, é uma ferramenta quantitativa que consegue embasar-se de uma forma fundamentada sobre as melhorias que podem ser feitas e, em uma única folha, consegue mostrar o fluxo de informação junto ao fluxo de material (ROTHER, 2003).

### 2.3.1 Escolhendo produtos para o MFV

Na etapa de escolha de produtos para o MFV deve ser estruturada uma matriz produtos por máquinas ou atividades, com a finalidade de se construir um MFV com uma família de produto, e se conhecer suas semelhanças. Pois há casos que os produtos têm caminhos muito semelhantes dentro da empresa, podendo dessa

forma uni-las para uso nessa ferramenta (ROTHER, 2003). Um exemplo de matriz é apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1 – Família de produtos**

	Equip. 1	Equip. 2	Equip. 3	Equip. 4
Prod. 1	X	X		X
Prod. 2	X	X	X	X
Prod. 3	X	X		X
Prod. 4			X	X

**Fonte: Adaptado de ROTHER (2003)**

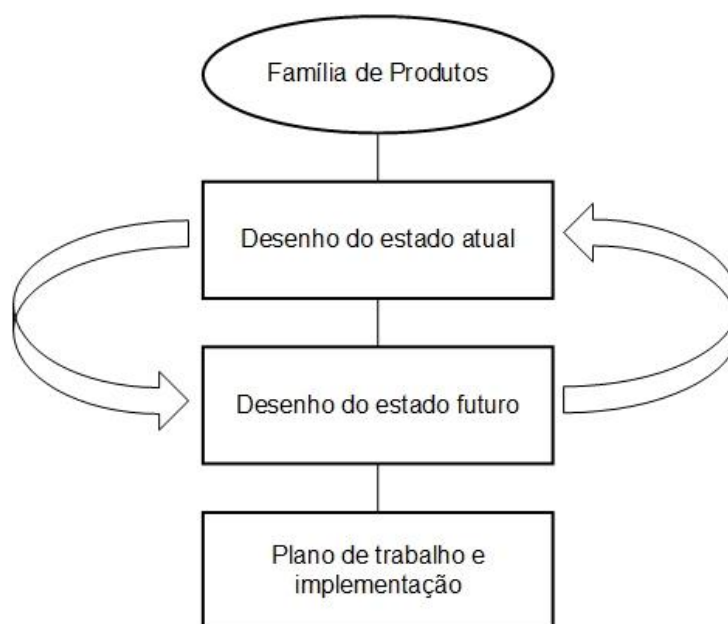
Nesse exemplo, é possível observar que os produtos de um a três pertencem a mesma família, pelo motivo de passarem por processos semelhantes.

Deve ser levado em conta também o tempo de preparação, o tempo de ciclo e até o número de operadores necessários para certa atividade, pois diferenças significativas podem aparecer, sendo assim, os que possuem tempos semelhantes devem estar agrupados na mesma família (CARDOSO, 2009).

### 2.3.2 Desenvolvendo o MFV Atual

As etapas para construção do MFV estão contidas na Figura 3. A partir da definição da família de produtos descrita no item anterior, os próximos passos, consistem no desenho do estado atual, desenho do estado futuro e plano de trabalho e implementação.

Figura 3 – Etapas do MFV



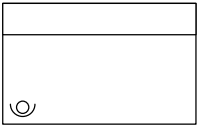
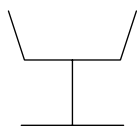
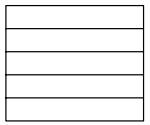

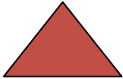

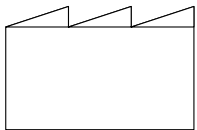
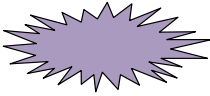

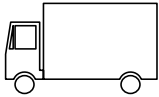

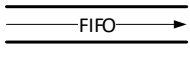



Fonte: Adaptado de ROTHER, 2003

No desenho do estado atual, serão necessárias informações que estarão todas na fábrica, onde o responsável deve coletá-los dentro da mesma, sendo que um dos conceitos apresentados nesta ferramenta é que os dados precisam ser coletados *in loco*, pois somente dessa forma serão coletados os verdadeiros valores e conhecidos pela equipe (ROTHER, 2003).

Dessa forma, é coletada inicialmente a quantidade requerida pelo cliente mensalmente, ou seja, a demanda que a empresa tem que estar cumprindo para atender seus consumidores. Deve-se lembrar de que, caso a família escolhida tenha mais de um produto, ela deve conter a somatória desses produtos na demanda apresentada, podendo também deixar separados a fim de melhor observar a necessidade de cada produto (ROTHER, 2003).

Para a construção do MFV Atual são utilizadas algumas figuras, com objetivo de facilitar o entendimento da equipe que irá trabalhar com a ferramenta, como também na padronização dos processos e significados de cada símbolo. No Quadro 2 pode ser observado alguns dos símbolos representados nesta ferramenta.

Quadro 2 – Símbolos MFV para materiais e informação

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Processo		Posto de Kanban
	Caixa de dados do processo		Kanban
	Estoque		Programação do mix de produtos
	Fornecedor / Cliente		Explosão de Kaizen
	Seta de processo empurrado		Entregas
	Seta de processo puxado		Linha do tempo
	Fluxo Sequencial		Supermercado (estoque controlado)
	Fluxo de informação manual		Fluxo de informação eletrônica

Fonte: ROTHER (2003)

Com esses símbolos já se consegue montar o mapa de qualquer processo, para se observar propostas de melhorias.

Cada processo terá a sua caixa de dados, a ferramenta orienta que não se coloque muitas informações, para que não tenha um mapa poluído, sendo que a finalidade da ferramenta é simplificar as análises. Com isso, é de interesse que se coloque o Tempo de Ciclo, que é representado como “T/C”, que é a frequência com que uma peça ou produto sai da máquina ou processo. Outra informação é o tempo de troca, representado por “T/R”, que significa o tempo que se leva para realizar a troca de ferramentas de uma máquina, como exemplo, para a produção de outra



peça. O número de operadores que compõem o processo, e a Taxa de Refugo pode também ser representado no Mapa (ROTHER, 2003). Por fim, a disponibilidade, que é o tempo que um equipamento tem para realizar suas atividades (tempo produzindo) pelo tempo total disponível, tendo como resultado em porcentagem. O equipamento não estará produzindo quando houver quebra de máquina, ociosidade e em setups (OEE, 2016).

O *Takt Time* é construído com o objetivo de se conhecer os processos, gargalos e analisar a possibilidade de desenvolver o balanceamento de linha. É calculado a partir do tempo de trabalho disponível por turno pela demanda já obtida anteriormente, de todos os produtos da família. Segundo Rother, o “*Takt Time* é a frequência com que deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo das vendas, para atender a demanda dos clientes” (ROTHER, 2003).

### 2.3.3 Mapa de fluxo de valor futuro

O mapa de fluxo de valor futuro tem por finalidade a construção do MFV em um estado futuro, destacar os pontos de desperdícios e elimina-los em um curto período de tempo (ROTHER, 2003), sabendo que para a execução das ações de melhoria é recomendável que tenha uma duração entre seis meses e um ano e com poucos investimentos (FERRO, 2005).

Para a construção do mapa futuro Rother (2003) desenvolveu oito questões para facilitar a construção, sendo elas:

- Qual é o *Takt Time* (TT) para a família de produtos escolhida? – o resultado representa que a cada “x” tempo precisa ser produzido uma peça ou produto, para atender a demanda do cliente dentro do tempo disponível de produção.
- A produção será por supermercado, pois os clientes puxam ou será diretamente para a expedição? – neste caso deve ser avaliado o *Lead Time* (LT) da produção, pois caso a empresa tenha um processo confiável e com LT curto, assim terá a possibilidade de trabalhar com a produção direta para a expedição, caso contrário, recomenda-se o supermercado, pois possibilita ter um estoque de segurança, que irá facilitar o controle e previsão de compras dos clientes.

- Pois se pode usar fluxo contínuo? – o fluxo contínuo pode ser obtido pelo balanceamento de linha, levando o tempo próximo ao TT, pois dessa forma diminuirá a ociosidade na linha e a partir daí sugerir Kaizens para que o tempo não fique muito próximo ao do TT, buscando trazer também confiabilidade para o processo.
- Pois precisará do sistema de supermercado, a fim de controlar a produção dos processos? – esse método será utilizado para a diminuição dos estoques entre os processos, que em alguns casos podem acontecer, por motivos do processo anterior ter um Tempo de Ciclo menor que o posterior, fazendo com que se tenha grandes estoques, ou pelo fator desse equipamento anterior ter que produzir um mix considerável, fazendo com que tenham estoques. Uma das sugestões para resolver esse problema é o Kanban, que por meio de cartões o processo deverá ou não produzir um lote. Neste caso podem ser usados o Kanban de sinalização, que é colocado em um quadro com três níveis, onde o primeiro nível é de estoque controlado, o segundo é de alerta e o terceiro de urgência, normalmente divididos entre verde, amarelo e vermelho. Ou o Kanban triangular, que é deixado um cartão no nível de estoque de segurança, que quando atingir esse nível o cartão para o processo que produz a peça em estoque.
- Em qual ponto único será realizado a programação da produção? – essa decisão deve ser tomada quando os processos são dependentes do fluxo de informação para se realizar a produção, pois o *Lean Manufacturing* evita trabalhar com pontos de fluxo de informação, pois os processos anteriores que devem dar esse fluxo já definido.
- Como será nivelado o mix de produção no processo puxador? – para responder essa pergunta, podem ser utilizadas de duas formas, o fluxo de informação pode ir como Kanban e processo ir retirando do estoque ou por um supermercado, pois o processo que produz a peça controla os níveis por meio de um Kanban triangular.
- Qual incremento constante de trabalho será liberado uniformemente no processo puxador? – também ocorrerá por meio do Kanban, pois com o TT

um lote terá um tempo definido para que seja consumido, caso esse tempo seja extrapolado, o processo anterior já terá conhecimento que algo de errado aconteceu, sendo assim, não precisando produzir daquele material no momento.

- Quais melhorias do processo serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme o estado futuro? – Por meio de todos os conhecimentos obtidos para o desenvolvimento das melhorias, poderá ser colocada a explosão de Kaizen no estado futuro, para que se tome conhecimento de tal necessidade e importância para se desenvolver melhorias, por meio das ferramentas Lean (ROTHER, 2003).

Depois de construído o MFV Futuro, o último passo é a construção do plano de ação. Para isso, pode ser usado o 5W1H que é uma das ferramentas de gestão de qualidade, descrevendo o que, quando, por que, como será feito, e por fim quem fará. Dessa forma, deixa-se claro as atividades que a equipe envolvida deve desenvolver para tirar do papel e colocar em ação o estado futuro (SHINGO, 2010. ROTHER, 2003).

## 2.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Com as preocupações atuais referentes ao meio ambiente e saúde dos seres vivos, as instituições governamentais e empresas, começaram a se preocupar com as situações que vem acontecendo e buscar o desenvolvimento sustentável, que é por sua vez aquele que visa atender às necessidades atuais sem que a possibilidade de as gerações do futuro atenderem suas próprias necessidades seja comprometida (ONU, 2012).

As ferramentas, metodologias e técnicas que estão sendo desenvolvidas provocam a sustentabilidade nos ambientes corporativos, junto aos desejos dos *stakeholders* que por sua vez, já enxergam a necessidade da introdução do assunto dentro do mundo das empresas, tanto ambientais propriamente ditos, como forma também de destaque competitivo (PIEKARSKI, 2013). Além das legislações governamentais que objetivam por produtos com características sustentáveis (GMELIN e SEURING, 2014).

Neste contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ambiental enfoca nos aspectos e impactos ambientais de um sistema de produto, deixando de fora os aspectos e impactos sociais e econômicos, podendo ser utilizadas outras avaliações ou ferramentas mais abrangentes (ABNT, 2009).

No Brasil a ACV teve início em 1994, sendo que no mundo surgiu no início de 1960, pois teve a implantação específica sobre o tema no Grupo de Apoio a Normalização Ambiental, que decidiu a análise do desenvolvimento das normas ISO 14000 que retratam a gestão ambiental para empresas. A tradução da ACV surgiu no país em 2001 com sua primeira versão do tema pela da norma 14040 (IBICT, 2018).

A ACV pode considerar todo o ciclo de vida de um produto, desde a extração da matéria-prima até a disposição final do produto consumido, analisando também o consumo de energia, emissões e o uso do produto avaliado. Para que se tenham bons resultados na avaliação, o responsável pela ACV deve atentar para que o desenvolvimento dos passos realizados durante a ACV seja transparente e com completeza (ABNT, 2009). Segundo Luglietti et. al. (2016), essa abordagem é conhecida pela expressão *cradle-to-gave*, que significa do berço ao túmulo.

Essa avaliação é quantitativa, porque são obtidos resultados numéricos que refletem as categorias de impacto, até em comparação com outros produtos semelhantes. Sendo também uma ferramenta multicritério e multidisciplinar, pois trabalha com diversas categorias ao mesmo tempo (IBICT, 2018).

As normas vigentes que suportam o tema de ACV, segundo o IBICT, são:

- ISO 14040 – Princípios gerais (ABNT, 2009a);
- ISO 14044 – Requerimentos e diretrizes (ABNT, 2009b).

A ACV pode subsidiar a identificação de melhorias em produtos e processos com foco ambiental em seus diversos pontos do ciclo de vida, ter um nível de informações para tomadas de decisão, seleção de indicadores ambientais para se conhecer seu desempenho e por fim o marketing para os *stakeholders* mostrando a importância de suas ações e seu diferencial competitivo (ABNT, 2009).

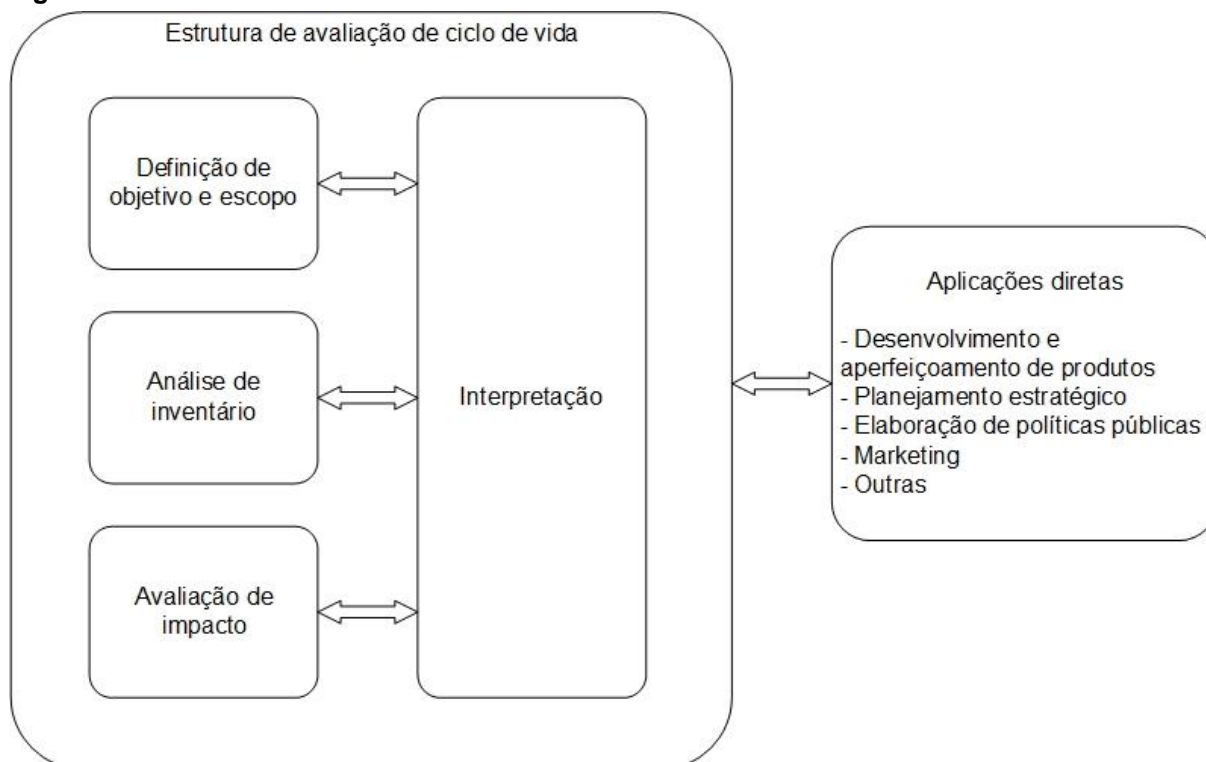
De acordo com a norma ISO 14040 (ABNT, 2009) o desenvolvimento da ACV é realizado em quatro fases:

- A fase de definição do objetivo e escopo;

- A fase de análise de inventário;
- A fase de avaliação de impactos e;
- A fase de interpretação.

As inter-relações entre estas fases podem ser observadas na Figura 4.

**Figura 4 – Fases de uma ACV**



Fonte: ABNT (2009)

Dessa forma as atividades são realizadas seguindo os passos para que se tenha um trabalho conforme dita a ISO 14040. Que nas próximas seções serão descritas cada uma das quatro fases detalhadamente.

#### 2.4.1 Definição de objetivo e escopo

A ISO 14040 (ABNT, 2009) cita os deveres dessa primeira etapa, sendo descritas de forma clara pelo desenvolvedor da avaliação. São eles: o sistema de produto a ser estudado; as funções do sistema produto; a unidade funcional, que tem como função principal fornecer a referência em relação aos dados de entrada e saída é normalizada; a fronteira do sistema é realizada para determinar quais

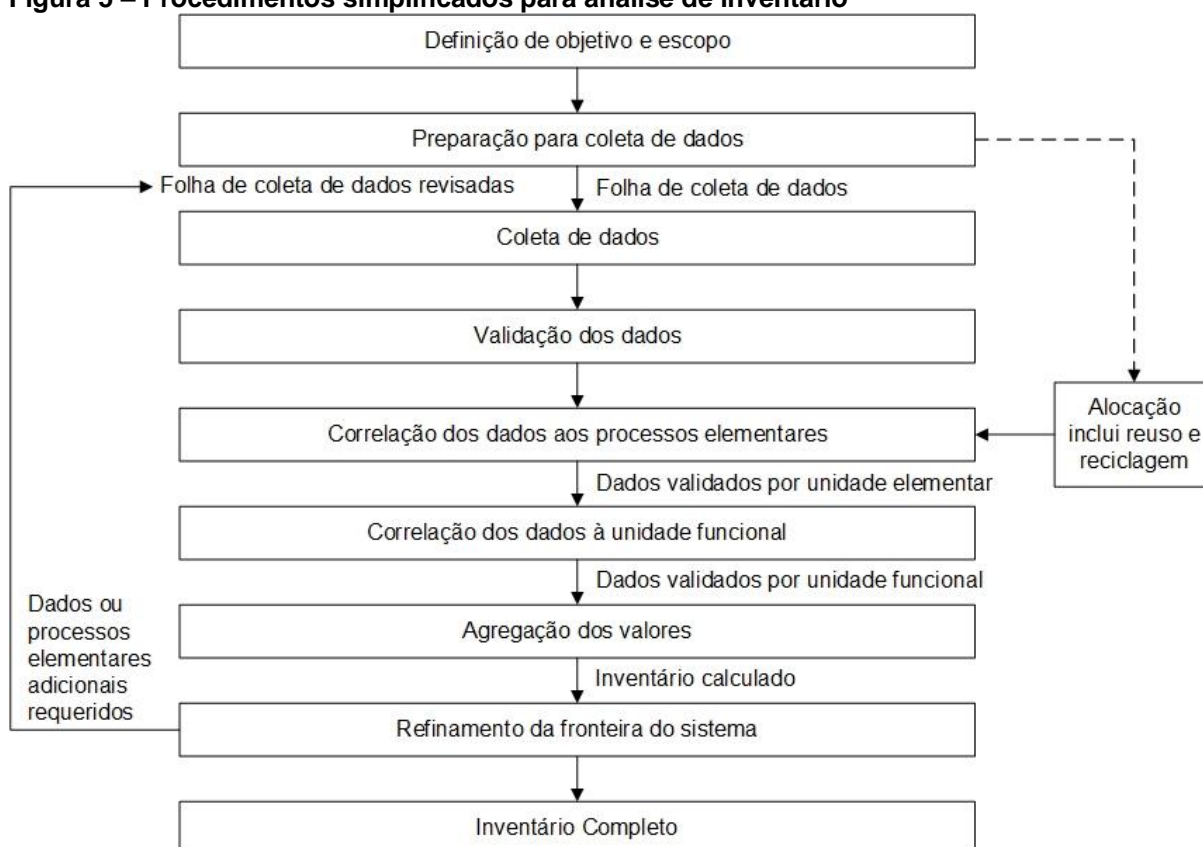
processos elementares devem ser incluídos na ACV, sendo que só podem ser deixadas de fora dessa fronteira, processos entradas ou saídas que não tenham impactos relevantes para o resultado do estudo, caso contrário deve ser registrado de forma clara a razão de sua exclusão; os procedimentos de alocação; a metodologia de AICV e tipos de impactos devem também determinar quais categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização serão incluídos na ACV; interpretação a ser utilizada; requisitos de dados devem ter qualidade no que será utilizado no estudo, principalmente se tiver a finalidade de divulgação, sendo a cobertura temporal que é a idade dos dados coletados e o período mínimo para a coleta e a incerteza da informação; pressupostos; escolhas de valores e elementos opcionais; limitações da avaliação; e tipo e formato do relatório requerido para o estudo (ABNT, 2009).

Após definidos esses requisitos, se passará para o segundo passo que é a Análise de Inventário de Ciclo de Vida.

#### 2.4.2 Análise de inventário de ciclo de vida (ICV)

Esta etapa tem como objetivo a coleta de dados e a quantificação das entradas e saídas de cada processo definido anteriormente para a construção do escopo da avaliação, conforme a Figura 5.

**Figura 5 – Procedimentos simplificados para análise de inventário**



**Fonte: Adaptado de ABNT (2009)**

Para a coleta de dados qualitativos e quantitativos, devem ser referenciadas e publicadas a data de coletas dos dados, juntamente com o relato caso os dados não possuam uma confiabilidade aceitável. Recomenda-se que seja desenvolvido um fluxograma com a finalidade de que não haja equívocos de leitura, como também uma lista de fluxos e de dados para as condições de operação para cada processo elementar (ABNT, 2009). Estes dados podem ser classificados em primário, quando é coletado diretamente do processo a ser avaliado, ou secundário que é basicamente a coleta das informações a partir de uma base de dados (ASMI, 2009), como por exemplo, as governamentais ou nas bases Ecoinvent e GaBi (IFU, 2015).

Segundo Guiné (2004), este passo é uma das principais atividades a serem realizadas para a AVC, pois assim os torna comparáveis e confiáveis, tendo também uma importância de os ter em um padrão (GUINÉ, 2004).

No procedimento de cálculo, devem ser documentados todos os procedimentos utilizados de forma clara. Como por exemplo, se há uma entrada de combustível no processo, pode ser dessa forma calculado para que seja colocado em valores energéticos (ABNT, 2009).

Já no refinamento da fronteira do sistema, de acordo com a ISO 14040 (ABNT, 2009a), pode resultar na:

- Exclusão de estágios que não terão grandes importâncias, sendo insignificantes para a avaliação;
- O mesmo pode acontecer nas entradas e saídas, caso tenham os mesmos resultados conforme citado anteriormente;
- A introdução de novos processos que por sua vez trarão alterações na análise de sensibilidade.

Caso seja necessário o refinamento, deve ser lembrado que deve ser documentado, para que se tenha conhecimento de suas alterações.

Fechando esta etapa, tem a alocação como pode ser visto na Figura 5, pois as entradas e saídas devem ser alocadas aos processos de acordo com os critérios definidos, devendo ser descritas de forma clara. As somas das entradas e saídas quando alocadas devem ser iguais a de antes. Isso é necessário, pois o inventário é baseado nos balanços de material, devendo se tomar grande atenção (ABNT, 2009).

#### 2.4.3 Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)

Sendo a etapa que é o núcleo da ACV, é nesta parte que são avaliados os níveis de impactos ambientais (SILVA, 2010), a partir dos dados coletados anteriormente.

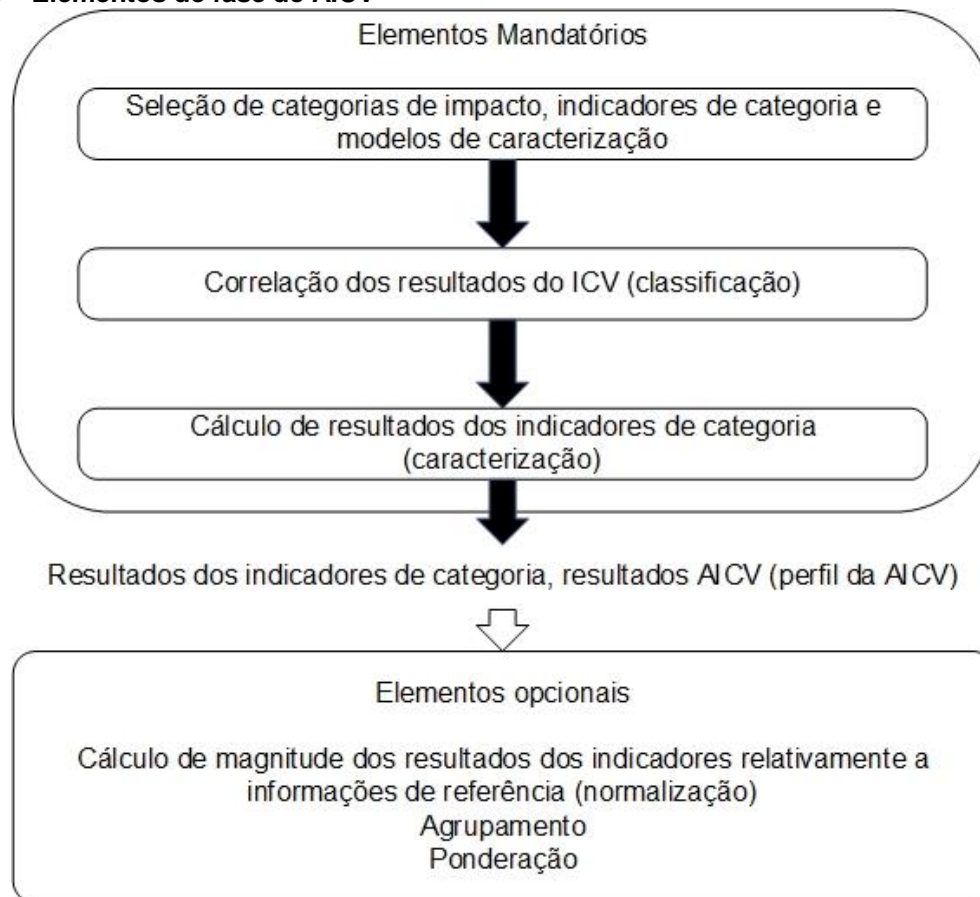
Como a ISO 14040 (ABNT, 2009a), a fase de AICV tem como objetivo estudar a significância dos impactos ambientais potenciais, fornecendo também informações para a fase de interpretação do ciclo de vida.

Já a ISO 14044 (ABNT, 2009b), lembra também que a qualidade dos dados resultará diretamente nesta etapa, tendo que ser bem planejada a fim de atender o escopo e objetivo do estudo. As incertezas e omissões podem trazer revisões para se avaliar se deve ser levado a frente às atividades, como também na fronteira má definida quando delimitada e se os resultados não foram satisfatórios devido ao cálculo da unidade funcional (ABNT, 2009).



Na Figura 6, são demonstrados quais elementos devem ser incluídos na fase de AICV.

**Figura 6 – Elementos de fase de AICV**



**Fonte: ABNT (2009)**

A seleção de categorias de impacto deve estar correlata as questões ambientais relacionadas ao objetivo e espoco do trabalho. Já os modelos de caracterização refletem o mecanismo ambiental, que por sua vez é o somatório dos processos ambientais relacionados a caracterização dos impactos (ABNT, 2009).

Na classificação, convém relacionar a partir da correlação entre os resultados do ICV juntamente com as categorias de impacto (ABNT, 2009).

E por fim na caracterização, os resultados são traduzidos dos resultados obtidos no ICV para unidades comuns e na conversão dentro de uma mesma categoria de impacto. Por tanto, o resultado do cálculo é um resultado numérico do indicador (ABNT, 2009). Segundo Hauschild (2012), o modelo de caracterização calcula os fatores de substâncias específicas. A caracterização é multiplicada pelos

dados do ICV e colocada em formatos comuns para melhor leitura dentro das categorias de impactos (HAUSCHILD, 2012).

#### 2.4.4 Interpretação

Na última etapa os resultados obtidos pelas fases ICV e AICV são interpretados conforme o objetivo e escopo da avaliação, devendo trazer como resultado a verificação de sensibilidade em relação às entradas e saídas, com objetivo de entender os resultados obtidos (ABNT, 2009).

Para concluir esta etapa deve ser realizada a identificação de questões significativas, que tem por objetivo estruturar os resultados obtidos. Colocando os pressupostos, as regras de alocação, categorias de impacto e indicadores selecionados, entre outros pontos que foram relevantes nas alterações ou delimitações do trabalho (ABNT, 2009).

A avaliação deve ocorrer a partir de três elementos, a completeza, a sensibilidade e a consistência.

Na análise de completeza, deve-se assegurar que todas as informações utilizadas para desenvolvimento dos passos estejam disponíveis e completas. Caso contrário, deve ser abordado também o motivo de sua omissão, e também se não faltarão informações para o objetivo e escopo (ABNT, 2009).

A sensibilidade tem que estar presente para que sejam avaliados os resultados obtidos pelas avaliações (ABNT, 2009). Por tanto, o objetivo principal é de ajudar a avaliar se a conclusão quantitativa é afetada por mudanças nos parâmetros do estudo (MATTHEWS, HENDRIKSON e MATTHEWS, 2015).

A consistência tem como objetivo determinar se os pressupostos, métodos e dados utilizados são consistentes com o escopo e objetivos definidos para a ACV.

Por fim, as conclusões, limitações e recomendações, que busca por identificar as questões significativas, identificar as limitações encontradas pelo estudo e para quem é indicado a ACV desenvolvida. (ABNT, 2009).

## 2.5 INTEGRAÇÃO DE MFV E ACV

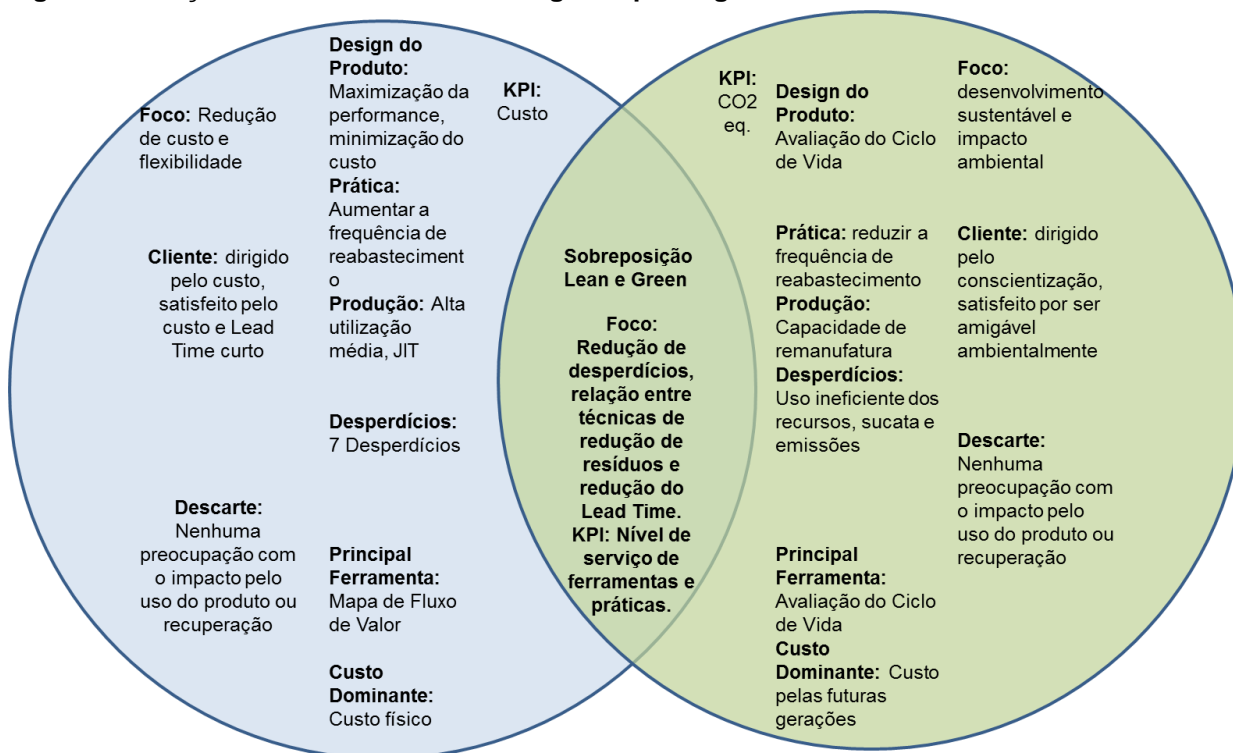
Iniciou-se há algum tempo, estudos relacionando o *Lean Manufacturing* junto com aspectos ambientais. Utilizando das ferramentas apresentadas na filosofia do *Lean*, com a finalidade da redução dos desperdícios de produção, *Layout* e cadeia de suprimentos, junto as ferramentas que emergentes relaciona as iniciativas *green*, que aparecem pelas preocupações das indústrias (GARZA, 2015).

Garza (2015) por meio de uma pesquisa mapeou 59 artigos relacionados ao *Lean* e aos paradigmas *green*. Como resultado o autor obteve 6 artigos que estavam relacionados a integração das duas metodologias, para que se atingissem resultados mais promissores aos que aplicados individualmente.

Com isso, começaram a aparecer o termo *Green Manufacturing*, que tem como objetivo a implantação da filosofia pelas reduções dos desperdícios e poluição no desenvolvimento de produtos, por meio de investimentos no processo produtivo com tecnologias, como também no uso a partir de fontes renováveis, trazendo juntamente uma reputação pública positiva (MARUTHI, 2015).

Os dois temas têm como foco também a redução de mão de obra, o *Lead Time* de produção, o nível de serviço para os clientes e comunicação entre a cadeia de suprimentos, como mostrado na Figura 7.

**Figura 7: Relação entre Lean Manufacturing e os paradigmas Green**



**Fonte: Adaptado de Dues et al (2013)**

Como pode ser visto na Figura 7, no círculo *Lean* uma das principais ferramentas que se enquadra é o MFV e já pelo lado *Green* em *design* de produtos a ACV é umas das ferramentas que pode ser utilizada com tal finalidade. Podendo assim ser integrados, atingindo os resultados apresentados na sobreposição das metodologias.

Alguns autores já trabalham com essas ferramentas integradas, sendo algumas de forma sucinta e outras mais completas, dependendo da complexidade dos processos utilizados para o estudo, alguns deles são Faulkner et al. (2014), Helleno et al. (2015), Edtmayr et al. (2015), Vinodh et al. (2015), Ng et al. (2015), Litos et al. (2017) e Cheung et al. (2017). Com processos de produção diferentes, trazendo uma grande quantidade de conhecimento.

O trabalho apresentado por Faulkner (2014), buscou a utilização da Sustentabilidade VSM (SVSM), onde buscou por indicadores sustentáveis e o MFV propriamente dito. A aplicação ocorreu em uma linha de produção de antenas parabólica, tendo como principais informações o *lead time*, o índice de carga física, ruído no posto de trabalho, consumo de água, recursos naturais e energia. (FAULKNER, 2014).

Helleno (2015), publicou um trabalho sobre o mesmo tema, onde foi aplicada em três indústrias em seu estudo de caso, sendo elas uma indústria multinacional brasileira de cosméticos, outra sendo multinacional de produtos termoplásticos, e por fim, uma indústria brasileira de utensílios de alumínio para cozinha. O trabalho MFV foi construído a partir dos pilares econômico desdobrando sobre os custos de processamento; meio ambiente, a partir de indicadores ambientais; e por indicadores sociais do último tema para completar o tripé da sustentabilidade (HELLENO, 2015).

Já Edtmayer (2015), realizou sua pesquisa em uma indústria automobilística em uma linha de injeção. O trabalho apresentou o MFV de forma simplificada com seus tempos de processamento e *lead time* conforme orientado na metodologia de execução, e pelo indicador ambiental de total de resíduos por *ok part*, onde agrega indicadores de uso de matéria prima, solventes, água, energia e CO<sub>2</sub>, colocando todos os valores em equações para que se chegue a um valor único e comparável para todos os processos apresentados (EDTMAYER, 2015).

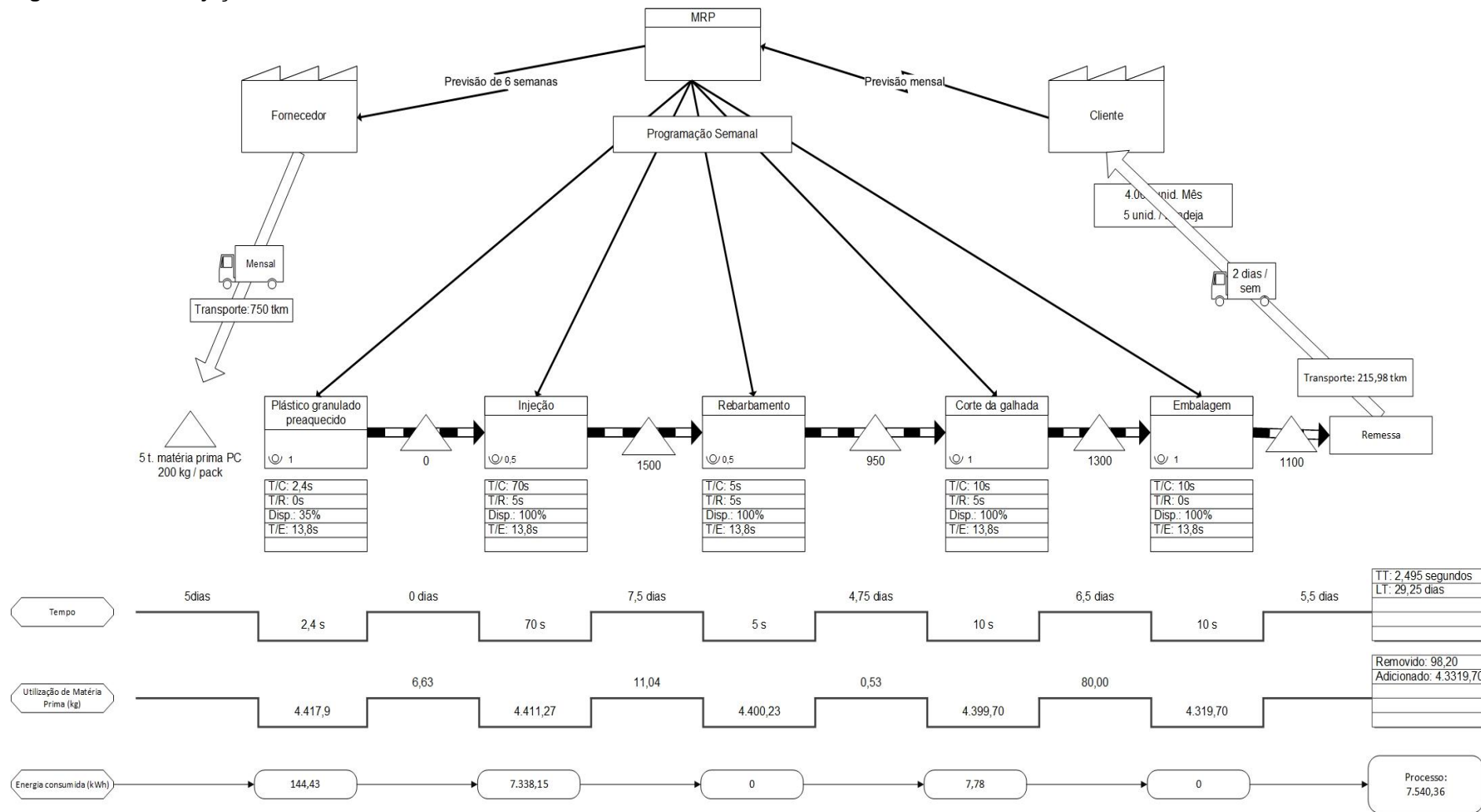
Em uma indústria de componentes automobilísticos Vinodh (2015), publicou sobre a aplicação do MFV e ACV a partir do *software* Simapro 8.1, índice de carga física e custos de produção. Diferente dos outros, foi apresentado junto com todos os resultados apresentados pela ACV, a construção do MFV futuro, trazendo uma visão das metas que a empresa pesquisada pode seguir para melhorar seus processos (VINODH, 2015).

Ng (2015) aplicou as ferramentas de MFV e indicadores de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente, trazendo tratativas de kaizen, balanceamento de linha e proposta de MFV futuro. Para sua pesquisa foi utilizada também dados de OEE da empresa, sendo uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão do pesquisador ou time de melhoria (NG, 2015).

Litos (2017), por sua vez, realizou seus estudos em uma indústria de pavimentação, utilizando o *software* Gabi para aplicação da ACV, sendo que o trabalho foi realizado com foco mais nas questões ambientais, apresentando por exemplo a depleção da camada de ozônio, eutrofização, acidificação em seu MFV realizado.

Por fim, na aplicação das duas ferramentas em um processo de injeção de polímero, como na Figura 8, pode ser visto o Mapa de Fluxo de Valor antes da melhoria, sendo uma proposta de Cheung (2017).

Figura 8 – MFV – Injeção



Fonte: Adaptado de CHEUNG et al (2017)

Como pode ser observado na Figura 8, as duas linhas adicionais com a quantidade de matéria prima e consumo de energia durante o processo para produção de uma peça de plástico, obtidos por meio das categorias de impacto selecionadas conforme sua relevância nas diretrizes da ISO 14040.

Na utilização de outras ferramentas que acompanham a filosofia *Lean* o Kanban, 5S e o TPM, foram obtidos resultados positivos, pois se conseguiu uma redução de 40% das emissões de carbono no processo produtivo, como também a redução de 41% no consumo de energia elétrica no processo, com a integração das duas metodologias, o Mapa de Fluxo de Valor e a Avaliação do Ciclo de Vida (CHEUNG, 2017).

Com a base teórica fundamentada e com o conhecimento de estudos já realizados, o próximo capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para realização do presente estudo.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Conforme proposto por Gil (1991), este trabalho de conclusão de curso tem como abordagem quantitativa, pois os dados que foram coletados para desenvolvimento foram quantificáveis, podendo ser tempos, quantidade em unidades ou em quilogramas, entre outras métricas. A natureza é classificada como aplicada, pois tem como finalidade trazer uma solução para um problema específico, e com objetivo descritivo, pois a coleta de dados será de forma padronizada, pois já se tem conhecimentos e é um tema já abordado no meio acadêmico. Já o procedimento técnico será de estudo de caso. Pois o tema apresentado pelo trabalho tem como finalidade a aplicação em uma empresa, tendo um estudo aprofundado, buscando evidenciar resultados obtidos por meio das ferramentas utilizadas no trabalho.

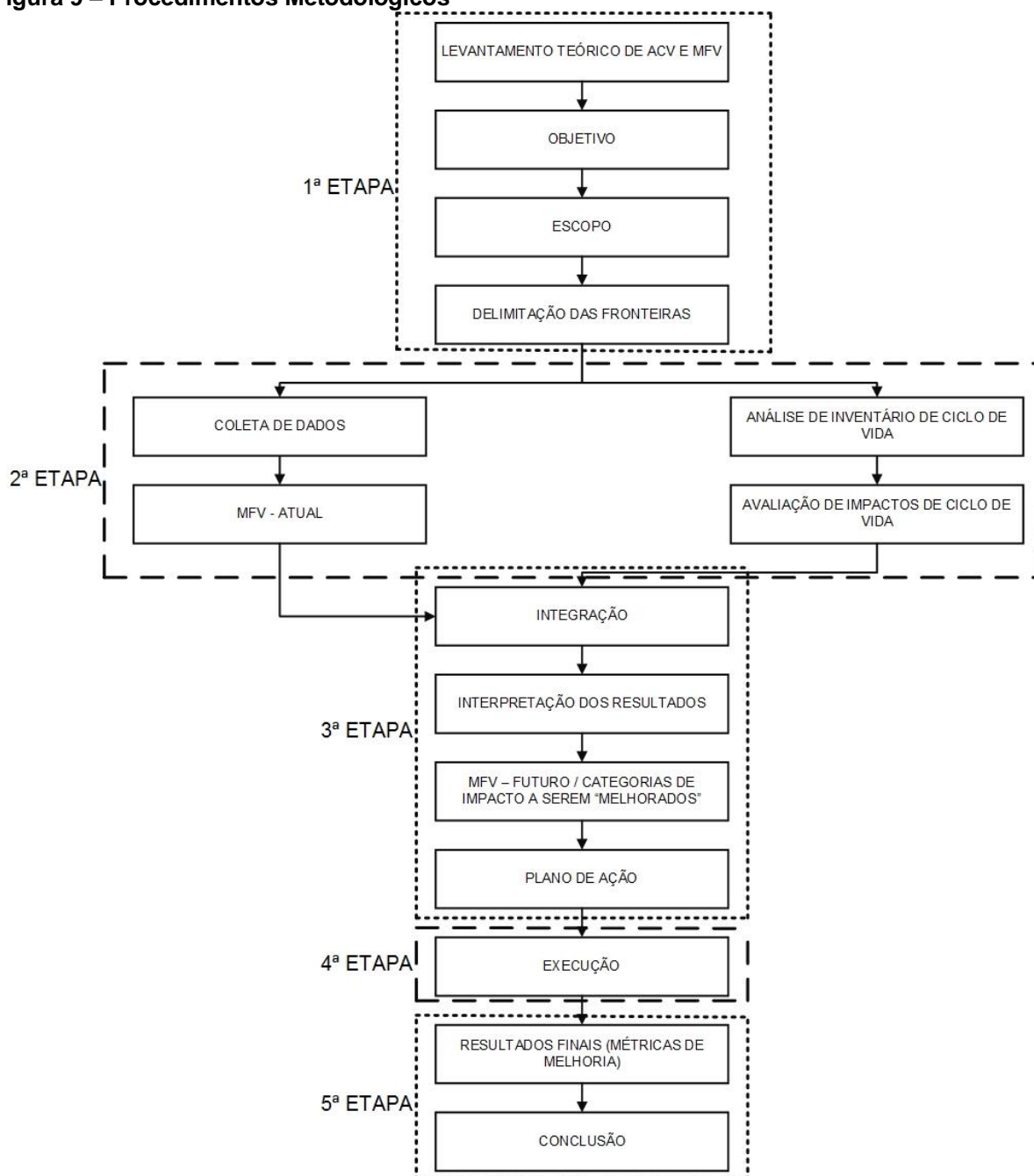
#### 3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para descrição do que foi feito no trabalho foi desenvolvido a Figura 9, para melhor compreensão. Pois será descrito cada atividade apresentada no fluxograma.

Foram separados em cinco passos: o primeiro se refere ao conhecimento adquirido para desenvolver o trabalho e a introdução, escopo e delimitação do local a ser estudado. Será iniciado no segundo passo a construção da situação atual. Dando sequência, o terceiro passo é definido pelo entendimento dos resultados e construção do que deverá ser feito para atingir o objetivo definido. O quarto passo é basicamente atuar no plano de ação desenvolvido no passo anterior. Por fim, no quinto passo foi realizada a conclusão das lições aprendidas e interpretação métricas utilizadas para avaliar as melhorias obtidas.



**Figura 9 – Procedimentos Metodológicos**



**Fonte: Autoria Própria**

### 3.2.1 Primeira etapa

Na etapa 1 foi realizado o levantamento teórico de ACV e MFV como também a integração entre os dois temas. O referencial teórico, apresentado na seção 2, teve como finalidade a construção do conhecimento para desenvolver as atividades deste trabalho.

Foi descrito também o objetivo da ACV, e tomado como norteador, a fim de orientar todas as ações posteriores da metodologia apresentada na Figura 9. Como requerido pela ISO 14044 (ABNT, 2009b) o escopo a ser delineado, deve ser descrito, buscando um espaço geográfico que se tenha melhores resultados ao fim do estudo.

Após definida tal atividade, a delimitação da fronteira *cradle-to-grave* foi definida, com a funcionalidade de conhecer até onde o trabalho seria realizado. Como dito pela ISO 14044 (ABNT, 2009b), esta delimitação tem que ocorrer conforme a importância dos impactos, pois é de maior interesse conseguir resultados significativos.

Por fim, a 1ª Etapa, tem como objetivo o conhecimento e delimitação das atividades a serem realizadas.

### 3.2.2 Segunda Etapa

Esta etapa, tem como atividades a execução das ferramentas MFV e ACV, tendo como possibilidade a realização das duas ferramentas em conjunto, pois não têm a dependência uma da outra.

O MFV atual, necessitou-se da coleta de dados também, porém de informações diferentes das apresentadas na ACV, como mostrado no referencial teórico, serão necessários os tempos de processo, tempo de *setup*, tempo de ciclo, disponibilidade, quantidade de operadores para realizar a atividade, quantidade de estoque, tempo disponível de produção, demanda requerida pelos clientes e a quantidade de vezes de entregas ao cliente e de recebimento de matéria prima dos fornecedores da empresa.

Já na ACV foi realizado a coleta de dados, pois foram necessários quantificar as entradas e saídas como também na matéria prima para produção do produto que serão apresentadas na seção 4 deste trabalho. Com tais informações já se consegue realizar a modelagem em *software*, neste trabalho foi utilizado a implementação no *software* Umberto NXT versão Educacional 7.1.13.

Por fim, foram avaliadas quais categorias de impacto se enquadram melhor para o caso e que são apresentados para a tomada de decisão pela qual trouxe melhorias para o processo do trabalho.

### 3.2.3 Terceira Etapa

A integração foi realizada por meio da análise dos resultados apresentados pelas duas ferramentas, como também na adição de linhas do tempo, como apresentados anteriormente pela ferramenta *Lean*, que foram colocadas as principais categorias de impacto para cada processo.

Com isso se realizou a interpretação dos resultados com o objetivo de se conhecer quais foram os pontos a serem abordados, para que ocorram melhorias no processo.

A partir da interpretação concluída, a geração de ideias entrou para a construção do plano de ação, que teve como objetivo listar as melhorias e datar as ações com prazo previamente definidos por uma equipe responsável, que será apresentado na seção 4 do trabalho.

Como também, foi desenhado o MFV futuro para que se tenha uma visão de como deverá estar na situação futura, sendo assim umas das formas de medição das melhorias executadas. Pois dessa forma, consegue-se ver se as ações deram resultados aceitáveis.

### 3.2.4 Quarta Etapa

Na quarta etapa foi realizada a execução do plano de ação construído na etapa anterior, com datas definidas de conclusão de cada ação. Podendo ter duração de no máximo um ano para conclusão de todas as ações conforme orientado pela metodologia de construção do MFV. Não podendo esquecer que as ações referentes à melhoria da ACV estão contidas no mesmo plano.

### 3.2.5 Quinta Etapa

Por fim, para a conclusão do trabalho, as métricas de melhoria foram de medida comparativa em relação ao MFV atual com o Futuro, comparando também as ACV's atual e futura.

Também foram utilizados indicadores para melhor apresentação e visão dos resultados obtidos, junto à conclusão e lições aprendidas conquistadas pelo trabalho, visando demonstrar o benefício e viabilidade.

### 3.3 VERIFICAÇÃO DAS MELHORIAS

Como o procedimento técnico é de um estudo de caso, é de interesse realizar a verificação das melhorias. Pois dessa forma consegue-se trazer aos resultados apresentados pelo trabalho benefícios e a viabilidade do desenvolvimento do mesmo.

Esta atividade foi realizada como descrita na seção anterior na quinta etapa, por meio da comparação do MFV atual e futuro integrado com as ACV's e também pelas das lições aprendidas, expondo o que se teve sucesso e o que pode ser melhorado em outros estudos.

## 4 RESULTADOS

Para apresentação dos resultados obtidos neste trabalho, esta seção terá o formato apresentado na Figura 9 na metodologia. Tendo assim, a seção do planejamento (4.1) que é dada pelas informações iniciais e premissas adotadas, representando a 1ª Etapa. Na sequência, a seção de aplicação das ferramentas individualmente de MFV e ACV (4.2), são apresentadas as informações coletadas e a construção dos mapeamentos. Na integração e planejamento (4.3), é a seção que apresenta a integração das ferramentas e o plano de ação para realização das melhorias encontradas na interpretação. Por fim, a aplicação e as melhorias (4.4) conquistadas é apresentada através das ações realizadas para obter as melhorias como descrita no MFV futuro.

A aplicação das ferramentas foi realizada na empresa pelo escritor do trabalho. Na empresa, foram coletados os dados conforme as ferramentas de ACV e MFV orientam, buscando trazer informações confiáveis para o trabalho, como também para que possam ser oferecidas para a empresa como propostas de melhoria.

O produto utilizado neste estudo é a brocha, utilizada em construções civis, que pode ser empregada na umidificação de concretos, na pintura de locais com baixo nível de detalhes e no chapisco realizado para melhor aderência do concreto no reboco fino. Na Figura 11 apresenta-se seu formato. Lembrando que não condiz com a produzida pela empresa, sendo apenas uma ilustração. É composto por três matérias-primas: o Polipropileno (PP) utilizado para a base e cabo e o Policloreto de Vinila (PVC) para os filamentos e arame para a fixação dos filamentos com a base. Existe também a etiqueta com a descrição do produto e a embalagem em papelão para ter um melhor armazenamento e conservação do produto.

**Figura 10 – Brocha para pintura****Fonte: Policorda (2013)**

Na empresa em que foi aplicada o trabalho, o processo produtivo é composto pelo recebimento do cabo, filamento, arame e PP. Dessa forma, a única peça produzida dentro da empresa é a base da brocha, sendo composta por um mix materiais reutilizados para a injeção do produto. Depois de injetado o produto é levado para outra máquina que realiza a montagem da escova com os filamentos e por fim, é colocado em caixas e levado para o estoque. O processo de produção será detalhado nas próximas seções.

#### 4.1 INFORMAÇÕES INICIAIS

Seguindo as orientações da ISO 14040 (ABNT, 2009a), é definido o objetivo, escopo, delimitação das fronteiras e as restrições que a aplicação da ACV pode conter.

##### 4.1.1 Objetivo

Tem como finalidade a aplicação da ferramenta de ACV para melhor conhecimento no meio acadêmico e empresarial, pela qual será utilizada para desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso. Buscando também a redução dos impactos ambientais gerados pela produção das brochas de pintura, obtendo assim um consumo sustentável e consciente tanto das empresas como dos consumidores. Por fim, para este caso, os *Stakeholders* para publicação serão a

universidade e todos os seus envolvidos, como também para a empresa pela qual forneceu as informações para desenvolvimento deste trabalho.

#### 4.1.2 Escopo

Nesta seção são apresentados os principais fatores que delinham o estudo de ACV realizado no estudo:

a) Sistema de produto: para a produção das brochas foi apresentado na Figura 12, as entradas e saídas do processo de produção em sua totalidade. Na mesma figura, pode ser visto o escopo considerado na avaliação do ciclo de vida do produto.

O processo tem como início a entrada de Polipropileno (PP) recuperado pelos outros processos da empresa e o pigmento na coloração preta no processo de injeção, que produz quatro peças bases de brocha. Neste mesmo processo pode ocorrer de ter de ser retrabalhado as peças, sendo assim, elas são trituradas e novamente colocadas no processo para injeção.

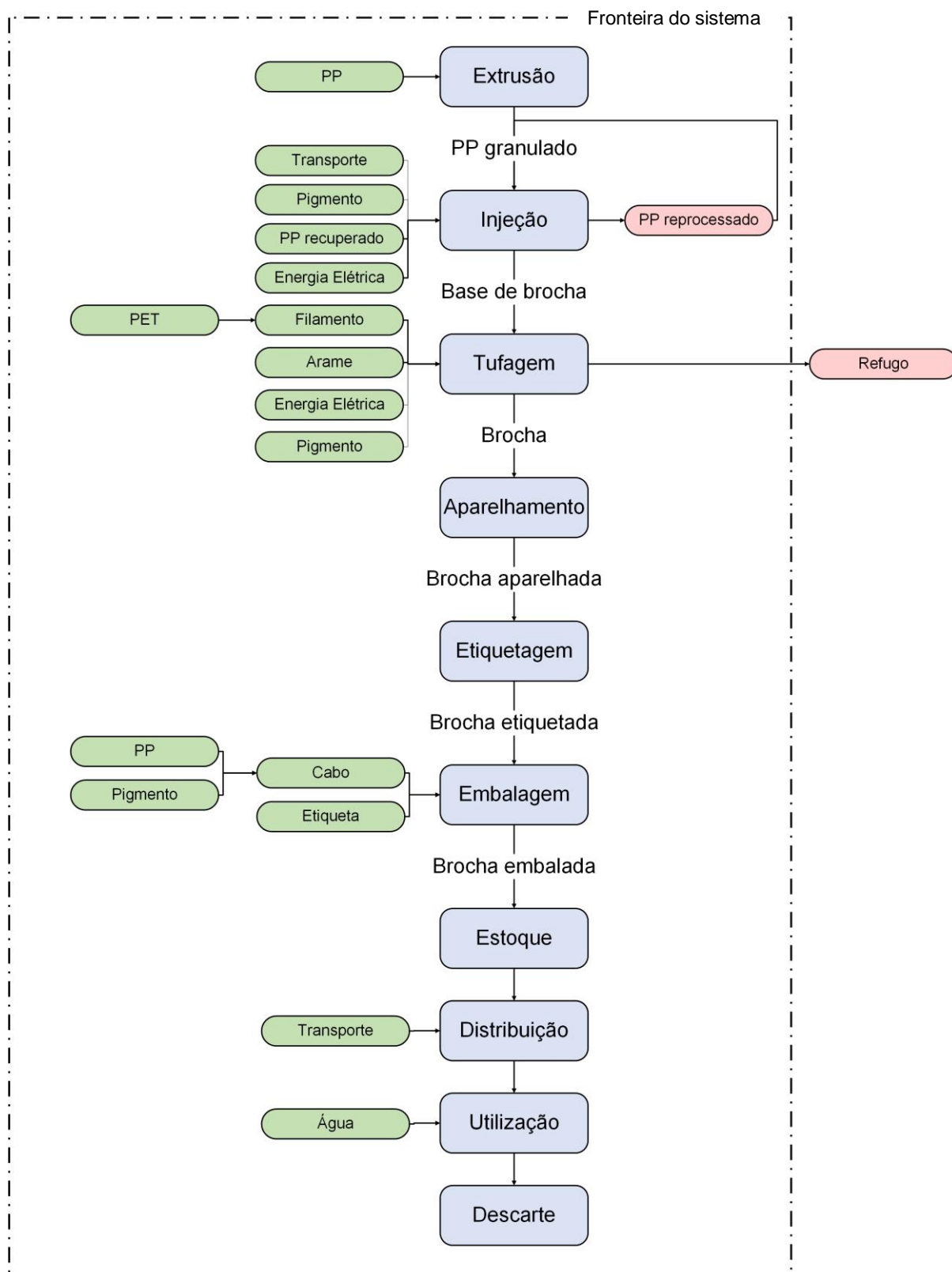
Posteriormente a base de brocha passa no processo de tufagem, onde são adicionados o filamento e o arame para fixação do filamento na brocha. Este processo pode gerar refugos, porém para este trabalho eles foram desconsiderados pelo motivo de representar um valor baixo em relação ao todo.

Tendo a base da brocha já pronta, passa-se ao processo de aparelhamento, onde são desbastadas as pontas do filamento para que se tenha maior aderência da tinta ou água, quando for usada pelo consumidor. Neste processo não há refugo de produtos pela simplicidade da atividade.

A atividade de injeção do cabo da brocha é terceirizada, entrando na avaliação de ciclo de vida, porém realizada externamente à empresa. Sendo um processo semelhante ao da injeção da base da brocha, utilizando como matéria prima o PP virgem e o Pigmento preto.

No último passo, é adicionado a etiqueta no produto, sendo um processo totalmente manual, e posteriormente colocado em uma caixa de papelão com doze peças, mais um separador de papelão.

Figura 11 – Sistema de produto da brocha



Fonte: Autoria própria



b) Funções de sistema de produto: A brocha tem por utilização uma melhor forma de manusear uma tinta específica para pinturas em geral, como também para chapisco para melhor aderência quando realizado o reboque em paredes e na umidificação na construção civil. Podendo ser utilizada para outros fins, porém o seu desenvolvimento e na maioria dos casos são utilizadas como ferramentas nas construções civis.

c) Unidade funcional: a unidade funcional utilizada para o trabalho foi de uma peça (brocha) para construção da ACV.

d) Fronteira do sistema: será adotada neste caso o *cradle-to-grave*, ou do berço ao túmulo, que tem como modelo avaliar desde a retiradas das matérias primas para o processamento, até a sua disposição final, quando já se passou pela utilização do consumidor e posteriormente descartado. Não foi considerado o refugo na tufagem por motivos de quantidade insignificante em relação ao todo. Onde o mesmo acontece na fase em estocagem, trazendo um valor baixo em consumo de energia elétrica em comparação com os demais.

e) Metodologia de AICV e tipos de impactos ambientais: Método ReCiPe de abordagem *Midpoint* com categoria de Potencial de Toxicidade Humana (HTP100), Método ReCiPe de abordagem *Midpoint* com categoria de Potencial Mudança Climática (GWP100) e Método CML 2001 de abordagem *Midpoint* com característica Depleção Abiótica de Recursos.

f) Pressupostos: como será utilizado uma peça para a ACV o material de embalagem será dividido igualmente para cada peça, sabendo que não se conseguiu uma unidade correta para utilização em uma obra de construção.

g) Limitações: da mesma forma como mostrada no pressuposto, na unidade funcional por falta de histórico sobre a vida útil do produto, pode haver contradições no trabalho. Porém para fins acadêmicos, se consegue atingir resultados relevantes.

#### 4.2 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE MFV E ACV

Nesta seção serão apresentadas a aplicação das ferramentas individualmente, para que posteriormente sejam integradas para que possa ser realizada as interpretações.

#### 4.2.1 Mapa de Fluxo de Valor

Os passos para construção do mapa de fluxo de valor incluem a definição da família de produtos em que será realizado os estudos, pois assim realiza-se melhorias em vários produtos. O cálculo do *Takt Time*, que é baseado na demanda da empresa em relação a família definida. Logo após as atividades são realizadas no chão de fábrica, através das coletas de dados, sobre tempos de processos e estoques. Por fim, é calculado o *Lead Time* do processo a partir da somatória dos estoques e dos tempos de processamento, ou Tempo de Ciclo.

Nas próximas seções é apresentado o desenvolvimento do MFV para a empresa estudada.

##### 4.2.1.1 Definição da família de produtos

Para aplicação do MFV é necessário que primeiramente seja definida a família de produtos que será estudado, conforme os passos apresentados no item 2.3 do referencial. Dessa forma os produtos foram separados em duas famílias de brochas conforme o Quadro 3, levando em consideração quatro produtos sendo eles Brocha de PP A, B, C e D. Mesmo a Brocha de PP A não conter o processo de etiquetar, ela será incluída, pois conforme a ferramenta orienta, pode conter algumas diferenças, não podendo ter muitas variações. O processo principal para a coleta de dados é a do produto D, pois é o de maior demanda e aquele que tem maior tempo em processamento.

**Quadro 3 – Definição de famílias de brochas**

	Injeção	Tufar	Aparelhar	Etiquetar	Embalar
Brocha de PP A	X	X	X		X
Brocha de PP B	X	X	X	X	X
Brocha de PP C	X	X	X	X	X
Brocha de PP D	X	X	X	X	X
Brocha de Madeira A		X	X		X
Brocha de Madeira B		X	X		X

Fonte: Autoria própria

A escolha da Brocha de PP D é onde se tem os maiores tempos para processamento, dessa forma, quando for realizada as melhorias, consequentemente

as outras três Brochas de PP serão atingidas. Já para as Brochas de Madeira, poderão receber também essas melhorias, porém deve ser estudada mais a fundo, pois este material tem uma maior complexidade para se trabalhar nos processos semelhantes aos do Polipropileno.

#### 4.2.1.2 Cálculo do *takt time*

Depois de definido as famílias, foi calculado o *Takt Time*, que obtido a partir do tempo disponível para produção pela demanda, dando como resultado o tempo necessário para a produção de uma peça. Algumas premissas são adotadas neste caso. Como o tempo de trabalho que foi adotado como 8 horas diárias e 22 dias disponíveis de trabalho por mês. A demanda mensal da família de escovas estudadas é de 46219,25 peças mensais. Para simplificar o cálculo do TT foi dividido a demanda por dia, onde a produção dessa empresa deve levar aos estoques 2100,88 peças. Com essas informações já se consegue calcular o valor TT, conforme mostrado na equação 1. Por fim, é colocado em segundos o tempo disponível de produção, para que o resultado seja em segundos para melhor compreensão.

##### Equação 1 – Cálculo *Takt Time*

$$TT = \frac{8 * 60 * 60}{2100,88} = 13,7s$$

Com isso, conclui-se que o TT da família de Brochas de PP é de 13,7 segundos. Sendo assim, a cada 13,7 segundos uma brocha de PP deve sair para estoque na empresa em estudo, para que se cumpra com a demanda requerida pelo cliente, que é ponto focal e aquele que dá ritmo à empresa.

#### 4.2.1.3 Construção do mapa de fluxo de valor

Para a construção do MFV, a metodologia *Lean* busca na maioria das vezes ir ao local onde são produzidos os produtos, para melhor entender e envolver as

peças da alta direção no chão de fábrica, sendo conhecido também como *Gemba Genbutsu*, ou local real.

Dessa forma, para a construção do MFV desde trabalho, foram realizadas visitas no local de produção para melhor entendimento do processo como um todo.

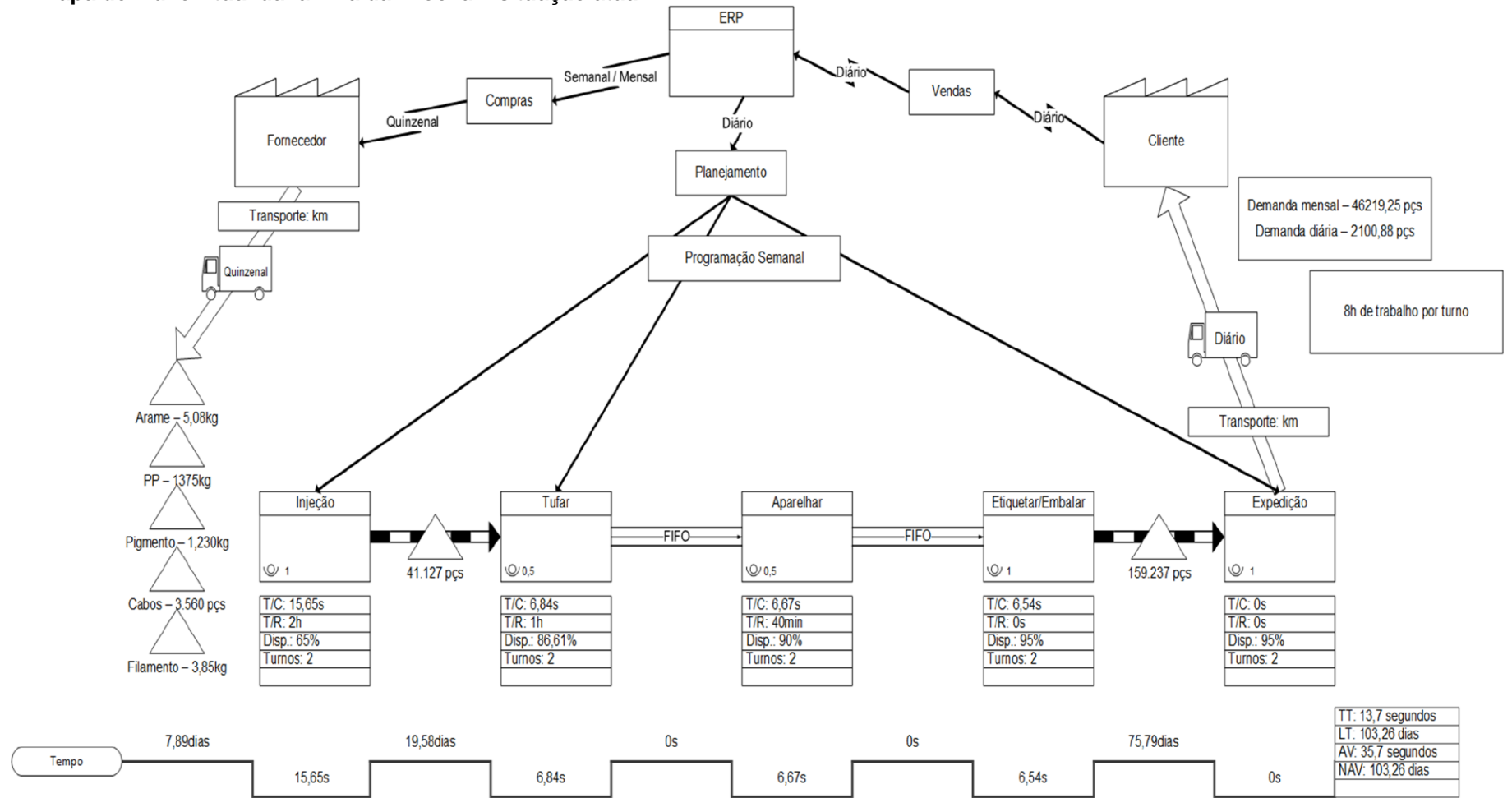
No Figura 12 pode-se ver a estrutura construída da ferramenta. O início das atividades é dos clientes, onde são realizados pedidos diários para o setor de vendas da empresa, que geram os pedidos. Vale salientar que o sistema de produção dessa empresa é empurrado, por questões de mercado e valor agregado de produto, onde a metodologia *Lean* busca sempre realizar as atividades no sistema puxado, que é baseado na produção apenas em relação a pedidos dos clientes, para que seus estoques sejam os mais próximos de zero. Quando os pedidos entram para o departamento de vendas, o mesmo é passado para o sistema ERP.

Quando colocado no sistema o planejamento encaminha para a produção por planejamento semanal o volume que deve ser produzido neste mesmo tempo. E ao mesmo tempo o departamento de compras quinzenalmente é disparado o pedido de compras de insumos para a produção e quinzenalmente são enviados a matéria prima na planta. Que neste caso os principais são o PP, pigmento, os cabos que são produzidos por terceiros e o filamento.

Entrando na parte dos processos, o fluxo é dado pela injeção, a máquina de tufar, que é onde é colocado o filamento na base de PP, o aparelhamento realizado para que os filamentos fiquem todos alinhados e com suas pontas desfiadas e por fim, a etiquetagem, embalagem, onde colocado também o cabo da brocha de PP e paletizado. Tendo um *layout* em linha, onde o mesmo operador que coloca na máquina de tufar é o mesmo que coloca na máquina de aparelhar. Posteriormente levado ao estoque e despachado para o cliente quando realizado o pedido.

As atividades que são realizadas na expedição varia de cliente para cliente e de pedido para pedido, por isso o tempo de ciclo foi adotado como zero, tendo em consideração apenas a quantidade de turnos e disponibilidade.

Figura 12 – Mapa de Fluxo Atual da família da Brocha – situação atual



Fonte: Autoria própria

Para ajustar os estoques para dias, é realizado a divisão entre a estoque pela demanda diária, passando assim dias de estoque. Isto é realizado para que seja mensurado o *Lead Time* do processo. Para o caso deste trabalho, o LD ficou em 103,26 dias, sendo deles 103,26 dias de não agregação de valor e 35,7 segundos de agregação de valor.

O próximo passo é a integração entre o MFV e a Avaliação do Ciclo de Vida, que é abordado na seção Integração das ferramentas e planejamento de propostas de melhoria (4.3). Para que seja construído o Mapa de Fluxo de Valor futuro com ACV, representando onde a empresa busca chegar em questões ambientais e de manufatura enxuta.

#### 4.2.2 Avaliação de Ciclo de Vida

Na Avaliação do Ciclo de Vida, da mesma forma realizada no Mapa de Fluxo de Valor a ferramenta será construída separadamente, pois as mesmas serão integradas quando foram realizadas as interpretações para melhoria do processo de brocha para pintura. Já utilizando das informações descritas anteriormente no escopo do trabalho, partiu-se para a segunda fase da ACV, a análise de inventário de ciclo de vida.

Para este trabalho o software que foi escolhido para uso, foi o Umberto NXT versão Educacional 7.1.13 na versão acadêmica, pois permitem a modelagem dos fluxos de matérias, a visualização dos processos, as avaliações de ciclo de vida dinâmicos para um melhor entendimento. E a base de dados utilizada pelo mesmo software é o Ecoinvent, que possui a maioria dos dados europeus, tendo também as bases brasileiras, mas em uma menor quantidade.

Nas próximas seções serão apresentadas com mais detalhes as demais fases da ACV realizada.

##### 4.2.2.1 Análise de inventário de ciclo de vida

Na segunda fase da Avaliação do Ciclo de Vida, são coletadas todas as informações de entradas e saídas no processo estudado. Conforme é orientado na ISO 14040 (ABNT, 2009a), de forma a conhecer todos os dados de produção da

brocha, como exemplo os consumos de energia elétrica, litros de combustível utilizado para transporte de matéria prima e a quantidade de matéria prima para produção neste caso de uma brocha, sendo a unidade funcional definida anteriormente no escopo.

Para coleta dos dados foi utilizado uma planilha simples, usando como base a divisão dos processos de produção das brochas, e entregas de fornecedores na empresa, de forma simples e dinâmica. Na Tabela 1, apresenta-se o compilado das entradas e saídas para a produção, sendo a primeira coluna de valores para uma unidade e a segunda representa a quantidade para uma caixa, que no caso das brochas, são armazenadas em doze unidades.

**Tabela 1 – Entradas e saídas da produção de brocha**

Material	Unidade	Quantidade (pç)	Quantidade (caixa - 12 un)
<b>Entradas</b>			
Polipropileno granulado	Kg	0,13566	1,6279
Arame	kg	0,005	0,064
Filamento de PET	kg	0,073	0,876
Etiqueta	g	0,5	6
Caixa de papelão	g	22,277	267,32
Energia Elétrica	kW	0,1188	1,4256
Diesel	ton*km	0,1860	2,232
<b>Saídas</b>			
Resíduo de papelão	g	22,277	267,32
Escova reticulada	Kg	0,1796	2,155

Fonte: Autoria Própria

Avaliando as informações coletadas no processo, não se consegue concluir quais seriam os pontos para redução dos consumos e emissões causados na produção das brochas considerando todo o ciclo de vida. Dessa forma foi dado continuidade na ACV. Uma saída que é gerada no processo como os retrabalhos de brochas, são triturados dentro da própria empresa e colocadas novamente para injeção. Sendo um processo que não gera refugos, e dessa forma, disposição dos materiais refugados.

#### 4.2.2.2 Avaliação de impactos do ciclo de vida

Depois de coletadas as informações conforme descrito na seção anterior, foi realizado a modelagem no *software* Umberto NXT versão Educacional 7.1.13

conforme no Apêndice A, contendo todo o caminho *Cradle-to-Gate* onde pode ser observado os processos desde a extração da matéria prima, o consumo médio para transporte, a produção da brocha propriamente dita e, por fim, a distribuição, consumo do material e descarte.

As categorias de impacto selecionada para o trabalho foram a depleção abiótica de recursos, mudança climática e toxicidade humana. Com a utilização do método de avaliação de impacto do ciclo de vida CML 2001 para a primeira categoria e ReCiPe 2009 para as outras duas categorias de impacto.

A depleção abiótica de recursos tem como objetivo medir o nível de utilização de recursos naturais a partir de uma forma equivalente para os materiais que é em kg de Antimônio, sendo que cada recurso tem seu peso de equivalência conforme a base de dados. Os resultados obtidos para a AICV, referente a categoria depleção abiótica, são apresentados na Tabela 2, onde pode-se observar a partir do maior para o menor que os três primeiros colocados que colaboraram com os maiores impactos no processo. Foram na produção de polímeros, onde correspondem na produção da base da brocha e o cabo em polipropileno de baixa densidade e dos filamentos de polipropileno de alta densidade.

Dessa forma, em todo o processo, deve se levar em consideração na escassez de recursos abióticos a produção do granulado dos polímeros utilizados na produção da brocha, principalmente para a base da brocha que representa 49,83% do total de Antimônio equivalente.



Tabela 2 – Depleção Abiótica de recursos (CML2001)

<b>Etapas de produção</b>	<b>kg Antimônio-eq.</b>	<b>Porcentagem</b>
<i>T26: market for waste paperboard [RoW]</i>	2,56E-06	0,03%
<i>T18: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	2,71E-06	0,03%
<i>T21: transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	7,79E-06	0,10%
<i>T17: wire drawing, steel [RoW]</i>	8,22E-06	0,10%
<i>T24: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	1,00E-05	0,13%
<i>T27: market for waste plastic, mixture [RoW]</i>	1,01E-05	0,13%
<i>T20: offset printing, per kg printed paper [RoW]</i>	1,04E-05	0,13%
<i>T10: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	2,15E-05	0,27%
<i>T19: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	4,12E-05	0,52%
<i>T13: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	5,17E-05	0,65%
<i>T25: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	1,08E-04	1,35%
<i>T16: extrusion production, plastic pipes [RoW]</i>	2,63E-04	3,30%
<i>T1: market for electricity, medium voltage [BR]</i>	2,80E-04	3,51%
<i>T22: folding boxboard production [RoW]</i>	3,21E-04	4,03%
<i>T23: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	4,26E-04	5,34%
<i>T15: polyethylene production, high density, granulate [RoW]</i>	2,44E-03	30,55%
<i>T11: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	3,97E-03	49,83%
<b>Total</b>	<b>7,971E-3</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 3, apresenta-se a segunda categoria de impacto estudada, mudança climática ou potencial de aquecimento global, representada em relações de kg de CO<sub>2</sub> equivalente emitidos que influenciam no aumento do aquecimento global. Nesta categoria as três etapas do processo de produção que mais impactam nas mudanças climáticas são novamente a produção do granulado de Polipropileno para a produção da base da brocha, em segundo lugar aparece o granulado Polipropileno de alta densidade para o processo de extrusão do filamento da brocha e em terceiro a energia elétrica utilizada na manufatura total da brocha dentro da empresa pesquisada.

Trazendo dessa forma pontos para análises da próxima seção a partir do Pareto encontrado nas AICV apresentadas. Como o granulado de Polipropileno que obteve uma representatividade de 38,25% em relação a categoria de impacto de mudança climática.

**Tabela 3 – Potencial de Mudança Climática (GWP100)**

<b>Etapas de produção</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-eq.</b>	<b>Porcentagem</b>
<i>T18: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00037	0,06%
<i>T26: market for waste paperboard [RoW]</i>	0,00042	0,07%
<i>T21: transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00109	0,17%
<i>T24: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00138	0,22%
<i>T17: wire drawing, steel [RoW]</i>	0,00147	0,23%
<i>T20: offset printing, per kg printed paper [RoW]</i>	0,00150	0,24%
<i>T10: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00297	0,47%
<i>T19: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00567	0,90%
<i>T13: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00713	1,13%
<i>T25: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,01487	2,35%
<i>T23: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	0,02592	4,10%
<i>T27: market for waste plastic, mixture [RoW]</i>	0,03440	5,44%
<i>T16: extrusion production, plastic pipes [RoW]</i>	0,03949	6,25%
<i>T22: folding boxboard production [RoW]</i>	0,04976	7,87%
<i>T1: market for electricity, medium voltage [BR]</i>	0,06290	9,95%
<i>T15: polyethylene production, high density, granulate [RoW]</i>	0,14105	22,31%
<i>T11: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	0,24181	38,25%
<b>Total Geral</b>	<b>0,63220</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Aatoria própria

Por fim, a terceira categoria analisada foi a de toxicidade humana, que é medida através de kg de diclorobenzeno equivalente, e trata das emissões ao ambiente com representatividade danosa aos humanos em casos de ingestão ou inalação dos mesmos. Dessa forma, teve como resultado para o processo *cradle-to-grave* na produção de brocha, com o granulado de polipropileno para produção da base da brocha com 56,15% do total calculado. Na Tabela 4 vê-se que em segundo ficou a produção do papelão para embalagem e pôr fim a produção de energia elétrica de média voltagem.

Tabela 4 – Potencial de Toxicidade humana (HTP100)

<b>Etapas de produção</b>	<b>kg 1,4-DCB-Eq</b>	<b>Porcentagem</b>
<i>T18: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00005	0,06%
<i>T26: market for waste paperboard [RoW]</i>	0,00007	0,08%
<i>T21: transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00010	0,11%
<i>T17: wire drawing, steel [RoW]</i>	0,00011	0,13%
<i>T24: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00017	0,19%
<i>T20: offset printing, per kg printed paper [RoW]</i>	0,00029	0,33%
<i>T10: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00036	0,41%
<i>T15: polyethylene production, high density, granulate [RoW]</i>	0,00040	0,46%
<i>T19: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00070	0,80%
<i>T13: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00087	1,00%
<i>T27: market for waste plastic, mixture [RoW]</i>	0,00123	1,41%
<i>T16: extrusion production, plastic pipes [RoW]</i>	0,00125	1,43%
<i>T25: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00182	2,08%
<i>T23: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	0,00526	6,02%
<i>T1: market for electricity, medium voltage [BR]</i>	0,01048	12,00%
<i>T22: folding boxboard production [RoW]</i>	0,01512	17,31%
<i>T11: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	0,04904	56,15%
<b>Total Geral</b>	<b>0,08733</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Autoria própria

O passo seguinte apresentou a integração das duas ferramentas, buscando a partir daí a interpretação dos resultados obtidos no estado atual e a proposta de melhorias em relações sociais, ambientais e econômica podendo dessa forma simular o estado futuro que traz o objetivo que a empresa pode conquistar a partir das ações atribuídas no plano de ação.

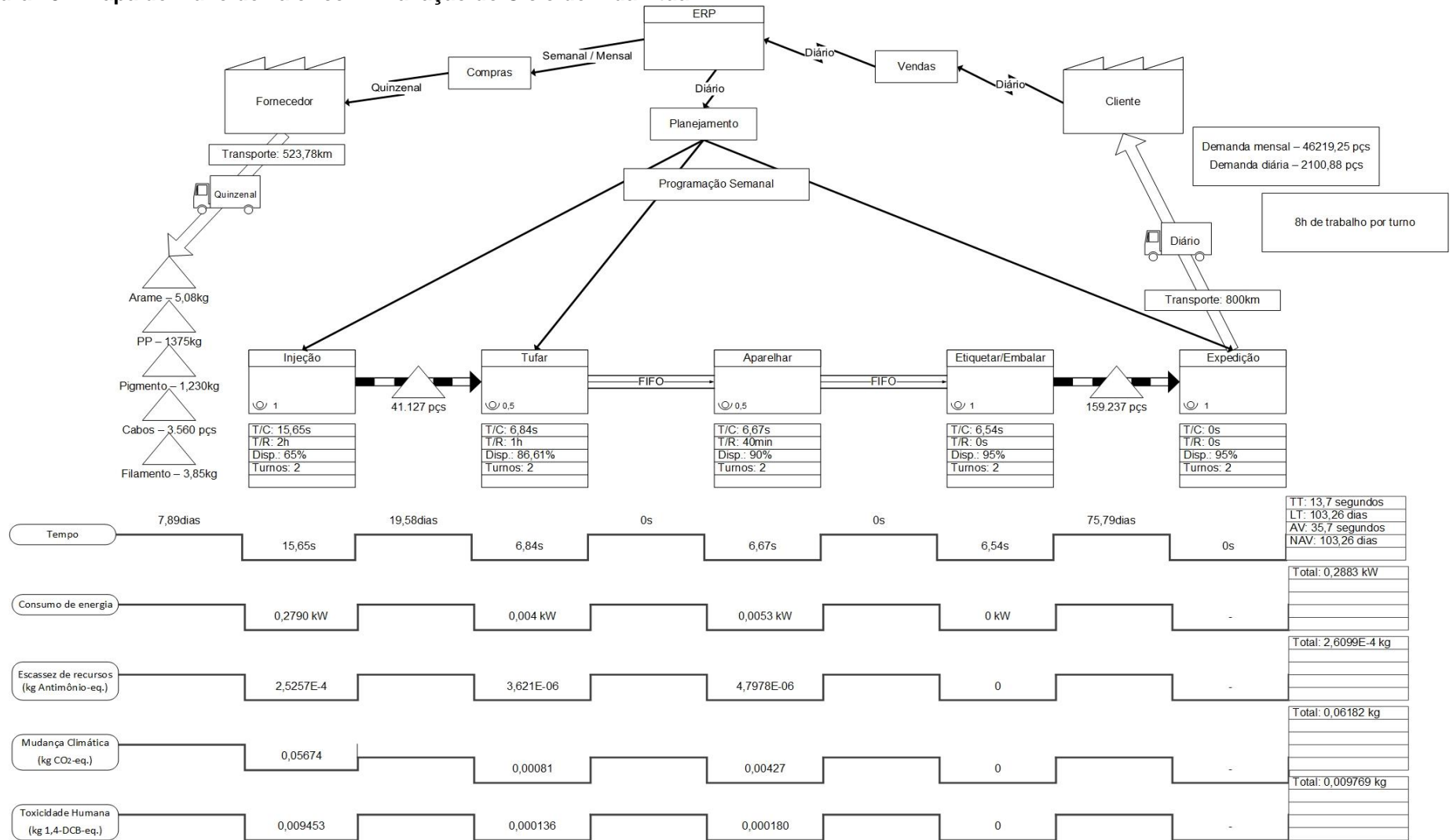
#### 4.3 INTEGRAÇÃO DAS FERRAMENTAS E PLANEJAMENTO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Na integração das duas ferramentas foram utilizadas as informações coletadas a partir do Mapa de Fluxo de Valor conforme foi mostrado na seção 4.2.1.3, e para a introdução da Avaliação do Ciclo de Vida no fluxo, com a finalidade de trazer uma melhor visualização do todo, foram utilizadas as informações

apresentadas a partir da AICV. O MFV com os resultados da AICV integrado é mostrado na Figura 13, onde foram adicionadas quatro linhas abaixo da linha de *Lead Time*, foi utilizado nesse formato para que como recomenda a metodologia *Lean*, para não trazer uma poluição de informações.

Os dados colocados na linha de energia elétrica foi a coleta dos consumos nominais dos equipamentos utilizados para o processo de manufatura da brocha, trazendo assim a limitação do máximo que pode ser consumido no momento de produção. Já nas demais linhas de AICV, para conhecer o verdadeiro valor, foi feito a proporção entre cada um dos processos conforme as emissões ou consumos envolvidos.

Figura 13 – Mapa de Fluxo de valor com Avaliação do Ciclo de Vida Atual



Fonte: Autoria Própria

No caso deste trabalho, foram considerados apenas a energia elétrica por ser o único ponto gerador do processo. Os dados, portanto, foram buscados nos resultados apresentados pelo *software* Umberto NXT versão Educacional 7.1.13. No Apêndice A foi colocado os diagramas de Sankey encontrados na AICV.

Este diagrama representa o fluxo de impacto em relação a quantidade que é gerada por cada atividade como pode ser visto que os com maiores influências nos diagramas de Sankey. Nas três categorias estudadas foram em relação a produção do PP granulado para da base de brocha e na produção do Polietileno granulado para o filamento, sendo usando como base de cálculo para cada categoria de impacto o consumo de energia elétrica que também foi colocada na linha de *Lead Time*, afim de uma melhor visualização conforme recomenda-se a metodologia *Lean*, tornando a visualização enxuta e objetiva.

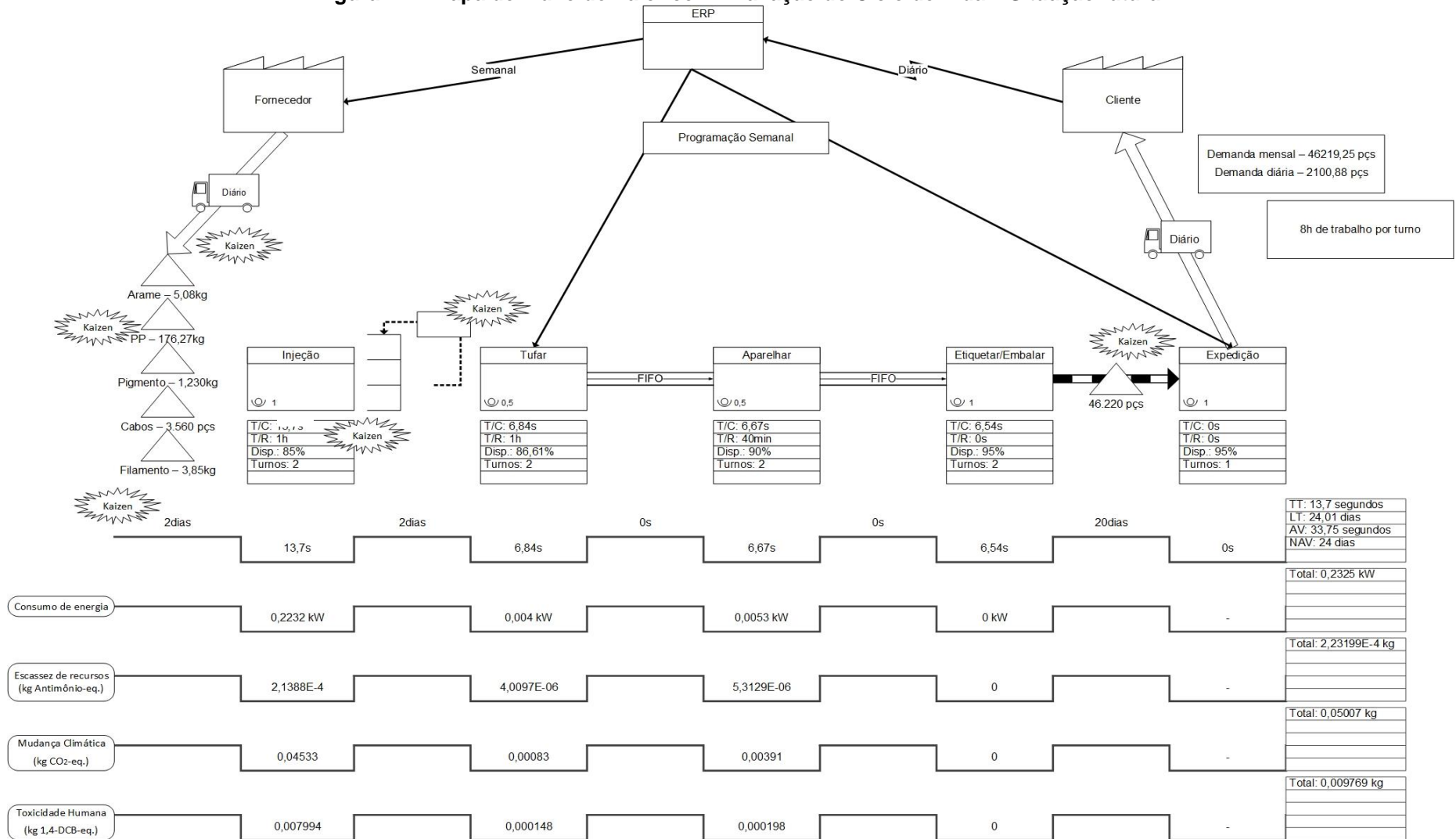
#### 4.3.1 Mapa de Fluxo de Valor Futuro

Na Figura 14 é apresentado o MFV futuro, onde são apresentados os pontos de melhoria a serem realizados, em conjunto com os novos valores de tempos e consumos realizados a partir de metas a serem alcançadas a partir das ações apresentadas no plano de ação, que serão apresentadas na seção 4.3.2.

As propostas para metas alcançáveis foram: na redução de movimentação por transporte da matéria prima em 20% da situação atual, no consumo de polipropileno granulado na manufatura da base da brocha e 10% no encurtamento do filamento utilizado. Foram definidos como metas também, o aumento da disponibilidade em 85%, sabendo que o atual é representado por 65%, dessa forma é economizado em energia elétrica, por aumento de eficiência, em 23,53% do total utilizado no processo de injeção.

Os valores de estoque inicial, intermediário e final, tiveram os valores alterados para que se reduzisse o desperdício de estoque, onde foram definidos a partir de recomendação da metodologia *Lean*, exceto em estoque final que por motivos de vendas sazonais, foi recomentado que tivesse valor médio de 20 dias de estoque. Podendo ser revisto com o aumento da confiabilidade de previsão de demanda e capacidade da unidade.

Figura 14 – Mapa de Fluxo de Valor com Avaliação do Ciclo de Vida – Situação futura



Fonte: Autoria Própria

No Apêndice B foi mostrado, como na situação atual, o Diagrama de Sankey, conforme o fluxo de impactos no processo de manufatura das brochas. Os valores encontrados na tabela 5, se referem o estado futuro da depleção abiótica de recursos, trazendo como os três primeiros que são aqueles que mais favoreceram aos impactos relacionados à esta categoria, a produção do granulado de polipropileno granulado do cabo da brocha, a extrusão dos filamentos e a produção de energia elétrica.

**Tabela 5 – Depleção Abiótica de recursos (CML2001) (estado futuro)**

<b>Etapas de produção</b>	<b>kg Antimônio-eq.</b>	<b>Porcentagem</b>
<i>T18: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	2,18E-06	0,03%
<i>T26: market for waste paperboard [RoW]</i>	2,72E-06	0,04%
<i>T21: transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	6,65E-06	0,10%
<i>T17: wire drawing, steel [RoW]</i>	8,27E-06	0,12%
<i>T24: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	8,48E-06	0,12%
<i>T27: market for waste plastic, mixture [RoW]</i>	1,01E-05	0,15%
<i>T20: offset printing, per kg printed paper [RoW]</i>	1,11E-05	0,16%
<i>T10: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	1,83E-05	0,27%
<i>T19: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	4,14E-05	0,60%
<i>T13: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	4,16E-05	0,60%
<i>T25: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	9,16E-05	1,33%
<i>T1: market for electricity, medium voltage [BR]</i>	2,23E-04	3,24%
<i>T16: extrusion production, plastic pipes [RoW]</i>	2,38E-04	3,45%
<i>T22: folding boxboard production [RoW]</i>	3,40E-04	4,93%
<i>T23: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	4,51E-04	6,55%
<i>T15: polyethylene production, high density, granulate [RoW]</i>	2,20E-03	31,97%
<i>T11: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	3,20E-03	46,34%
<b>Total Geral</b>	<b>6,89E-03</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Autoria própria

A AICV futura de Potencial de mudança Climática (GWP100) teve uma alteração em relação ao atual também nos três primeiros, que foram no granulado de polipropileno para a produção do cabo da brocha, a produção de energia elétrica e em terceiro a produção da caixa de papelão. Lembrando que a alteração do material de papelão não foi realizada a alteração na AICV por necessidade de buscar outros meios com o objetivo de encontrar um material menos prejudicial,



porém existe uma ação para definição de um material com menor impacto ambiental.

**Tabela 6 – Potencial de Mudança Climática (GWP100) (estado futuro)**

<b>Etapas de produção</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-eq.</b>	<b>Porcentagem</b>
<i>T18: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,000299986	0,05%
<i>T26: market for waste paperboard [RoW]</i>	0,000449594	0,08%
<i>T21: transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,000931085	0,17%
<i>T24: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,00116818	0,21%
<i>T17: wire drawing, steel [RoW]</i>	0,001476467	0,27%
<i>T20: offset printing, per kg printed paper [RoW]</i>	0,001598092	0,29%
<i>T10: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,002516315	0,45%
<i>T19: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,005700471	1,03%
<i>T13: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,005733068	1,03%
<i>T25: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	0,012614245	2,27%
<i>T23: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	0,027477349	4,95%
<i>T27: market for waste plastic, mixture [RoW]</i>	0,034404178	6,20%
<i>T16: extrusion production, plastic pipes [RoW]</i>	0,035743536	6,44%
<i>T1: market for electricity, medium voltage [BR]</i>	0,050065092	9,02%
<i>T22: folding boxboard production [RoW]</i>	0,052756341	9,50%
<i>T15: polyethylene production, high density, granulate [RoW]</i>	0,127658481	23,00%
<i>T11: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	0,194542398	35,04%
<b>Total Geral</b>	<b>0,555134878</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Autoria própria

E por fim, a Toxicidade humana, que na situação futura, esteve em primeiro a produção de granulado de PP para o cabo, em segundo a fabricação da caixa de papelão e em terceiro a produção de energia elétrica utilizada no processo de fabricação da brocha.

Tabela 7 – Potencial de Toxicidade humana (HTP100) (estado futuro)

<b>Etapas de produção</b>	<b>kg 1,4-DCB-Eq</b>	<b>Porcentagem</b>
<i>T18: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	3,68E-05	0,05%
<i>T26: market for waste paperboard [RoW]</i>	7,39E-05	0,10%
<i>T21: transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	8,29E-05	0,11%
<i>T17: wire drawing, steel [RoW]</i>	1,13E-04	0,15%
<i>T24: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	1,43E-04	0,19%
<i>T10: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	3,09E-04	0,41%
<i>T20: offset printing, per kg printed paper [RoW]</i>	3,12E-04	0,41%
<i>T15: polyethylene production, high density, granulate [RoW]</i>	3,65E-04	0,48%
<i>T19: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	6,99E-04	0,92%
<i>T13: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	7,03E-04	0,92%
<i>T16: extrusion production, plastic pipes [RoW]</i>	1,13E-03	1,49%
<i>T27: market for waste plastic, mixture [RoW]</i>	1,23E-03	1,62%
<i>T25: transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RoW]</i>	1,55E-03	2,03%
<i>T23: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	5,57E-03	7,32%
<i>T1: market for electricity, medium voltage [BR]</i>	8,34E-03	10,95%
<i>T22: folding boxboard production [RoW]</i>	1,60E-02	21,05%
<i>T11: polypropylene production, granulate [RoW]</i>	3,95E-02	51,81%
<b>Total Geral</b>	<b>7,62E-02</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Aatoria própria

Pode-se observar que houve uma mudança dos três primeiros a partir das metas de alteração descritas no plano de ação na próxima seção e nas definições descritas anteriormente para as melhorias no mapa de fluxo de valor futuro. A energia elétrica continuou entre os três primeiros, por motivos de alteração em apenas um dos processos, que foi resultado do aumento da disponibilidade da injeção.

#### 4.3.2 Propostas de melhoria

Foi utilizado para apresentação das propostas a partir de um plano de ação, contendo o que poderá ser feito para mudança do processo, o por que fazer e como realizar a atividade para conclusão da ação e alcançar o estado futuro desenhado, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Plano de ação

O que?	Por quê?	Como?
Desenvolver fornecedores mais próximos a empresa.	Redução de consumo de combustível para entrega, redução de emissões atmosféricas com finalidade ambiental.	Pesquisar e orçar fornecedores mais próximos a empresa. Avaliar <i>trade off</i> entre aumento de cargas de entrega e tamanho de estoque de insumos.
Revisar estoque mínimo de matéria prima através de entrega compartilhada.	Redução de capital em estoque, com finalidade <i>Lean</i> , redução de desperdícios.	Realizar dimensionamento de estoque para dois dias.
Aumentar disponibilidade da injeção para 85%.	Redução de consumo de energia elétrica e reprocessamento de material e aumento da eficiência da injeção, com finalidade <i>Lean</i> e ambiental.	Realizar Kaizen para desenvolvimento de ações para aumento da eficiência. Foco principal no aumento do MTBF e MTTR.
Realizar troca rápida de ferramental na injeção.	Aumento da disponibilidade.	Através do mapeamento de atividades realizadas para troca de molde e troca de pigmento, buscando o aumento das atividades externas, com a ferramenta SMED.
Reduzir estoque intermediário entre injeção e tufagem.	Redução de capital em estoque, com finalidade <i>Lean</i> , redução de desperdícios.	Realizar dimensionamento de estoque.
Reduzir estoque de produto acabado.	Redução de capital em estoque, com finalidade <i>Lean</i> , redução de desperdícios.	Realizar dimensionamento de estoque e aumentar confiança de previsão da demanda.
Desenvolver base de brocha com menos material	Redução de material utilizado, com finalidade ambiental.	Realizar kaizen de melhoria de produto.
Desenvolver fornecedor para utilização de embalagem sustentável.	Buscar por materiais com menor impacto ambiental.	Realizar e orçar outros materiais de menor impacto com o fornecedor, por meio de um <i>Brainstorming</i> .
Realizar estudo do comprimento reduzido do filamento da brocha.	Redução de material utilizado, com finalidade ambiental.	Realizar estudo com a engenharia para alteração do comprimento do filamento com testes de campo.
Redução de TC do processo de injeção.	TC acima do TT do processo de manufatura de brocha.	Realizar kaizen de melhoria de processo com objetivo em redução de TT.

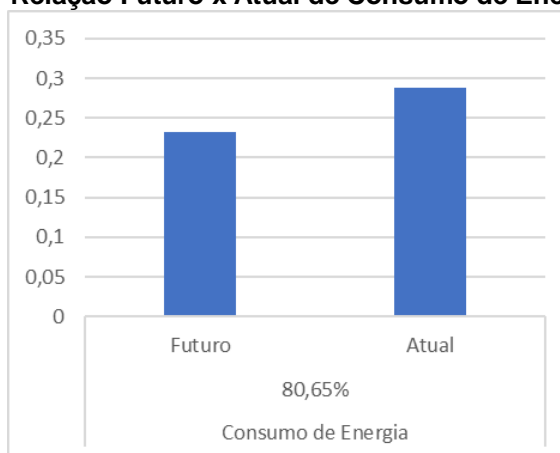
Fonte: Autoria própria

Conforme apresentado no quadro 4, as ações primárias foram definidas para melhoria do processo de manufatura das brochas, onde devem ser detalhadas e datadas para que tenham poder de execução.

Comparando as melhorias obtidas a partir da redução de Energia Elétrica no processo de produção da brocha em 19,35% como é visto no Gráfico 2, pode ser

comparado dessa forma o cenário futuro analisado em relação as categorias de impacto.

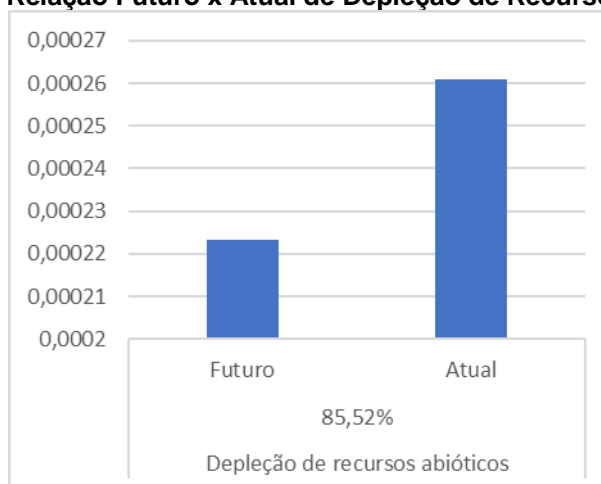
**Gráfico 2 – Relação Futuro x Atual de Consumo de Energia Elétrica**



**Fonte: Autoria Própria**

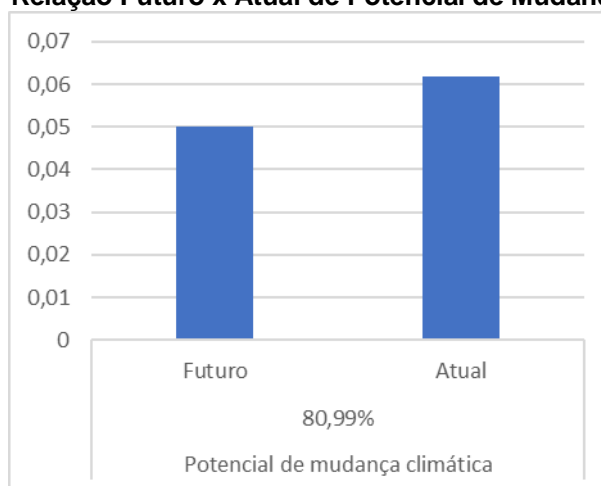
Dessa forma, no Gráfico 3 pode ser observado a redução entre o atual e o futuro, porém com um menor impacto em relação a energia elétrica, que teve uma redução de 19,35%, no caso da Depleção de Recursos Abióticos teve uma redução de 14,48%, sabendo dessa forma que sua redução não tem uma proporção direta com a energia.

**Gráfico 3 - Relação Futuro x Atual de Depleção de Recursos Abióticos**

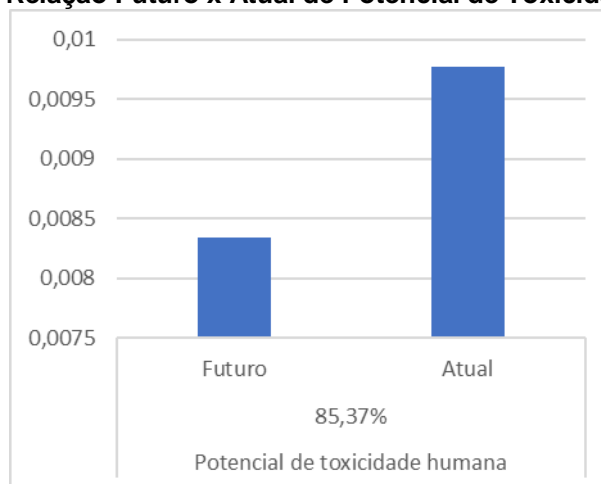


**Fonte: Autoria Própria**

Em relação ao Potencial de Mudança Climática, pode ser observado no Gráfico 4 que sua redução foi de 19,1%, podendo se dizer que sua relação com a energia elétrica é proporcional, onde quanto menor for o consumo de energia elétrica, menor será o valor de Potencial de Mudança Climática.

**Gráfico 4 - Relação Futuro x Atual de Potencial de Mudança Climática****Fonte: Autoria Própria**

Já no caso do Gráfico 5, sobre o Potencial de Toxicidade Humana, é bastante semelhante a Depleção de Recursos Abióticos, onde teve uma redução de 14,63% de seu valor no caso da situação atual, onde se reduz seu impacto quando consumido a energia elétrica, mas não necessariamente reduzirá no mesmo percentual.

**Gráfico 5 - Relação Futuro x Atual de Potencial de Toxicidade Humana****Fonte: Autoria Própria**

Por fim, pode ser observado a redução dos impactos das categorias utilizadas para base do trabalho de conclusão de curso, que o cenário a ser atingido através da realização do plano de ação é de uma redução conservadora. Sendo assim, as reduções em relação a ACV foi de aproximadamente 20%, com base na energia elétrica utilizada no processo. E as categorias de impacto tenderam a essa redução.

As vantagens como apresentadas no Referencial Teórico são da correlação entre as ferramentas utilizadas neste trabalho, levantando pontos que os mesmos trazem à tona a necessidade de melhorias. Já as desvantagens vêm a partir dos *trade off* que podem surgir, como por exemplo no estoque inicial. Onde o objetivo é de redução, porém deve ser levado em consideração a possibilidade de aumentar ainda mais os valores das categorias de impacto por motivo da maior movimentação para que o estoque seja mantido em dois dias. Dessa forma, devem ser realizadas pesquisas aprofundadas para averiguar a sua viabilidade econômica, social e ambiental.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo geral que busca promover a integração das ferramentas de MFV e ACV para melhoria na ecoeficiência de uma família de produtos para pintura no Sul do Brasil e os específicos foram cumpridos conforme definido ao início do trabalho, sendo realizado bases de referencial teórico, a construção do MFV atual e futuro, como também na ACV atual e futura, realizando a integração das ferramentas para análise e a partir deles gerar as propostas de melhoria do processo produtivo das brochas.

Os resultados propostos para melhoria no processo foram relevantes, conforme pode ser visto na redução do *Lead Time* total de 75,79 dias para 20 dias, representando uma redução de 76,75%, sendo possível através das ferramentas apresentadas na metodologia *Lean*, sabendo que as reduções de estoques foram otimistas em relação as recomendações da metodologia, possibilitando também da empresa buscar a melhoria contínua e chegar ao nível do *one piece flow*.

Já os resultados obtidos pela ACV, baseados no mapa de fluxo de valor futuro e tabelas das três categorias de impacto selecionadas pelo trabalho obteve-se resultados melhores em questões dos valores apresentado através das tabelas, onde os pontos em que foram elencados para melhoria, apresentaram uma redução significativa no mapa de fluxo de valor futuro como é apresentado na Figura 14. Como também pode ser observado, que com o aumento da disponibilidade do equipamento de 62% para 85% houve uma melhoria na eficiência do equipamento, trazendo uma redução do consumo de energia elétrica em 20% melhorando os resultados das categorias de impacto de Depleção de Recursos Abióticos, Potencial de Mudança climática e Potencial de Toxicidade humana.

O trabalho propôs diversos pontos que podem ser melhorados pela empresa a fim de buscar a melhora no tripé da sustentabilidade, através da economia, sociedade e meio ambiente. A partir de melhoria de processo, *stakeholders* e desenvolvimento de melhorias em redução de matéria prima utilizada, como também na proposta de pesquisa no desenvolvimento de novos materiais para fins logísticos.

Neste trabalho os pontos de estoque não foram utilizados por conterem valores irrelevantes, porém vale lembrar que existem processos que necessitam de uma grande quantidade de utilidades para conservação do produto, como exemplo nas indústrias alimentícias que necessitam de refrigeração dos produtos.

As propostas para trabalhos futuros podem incluir a utilização de polipropileno reutilizado no processo, para trazer uma maior confiabilidade nos resultados de ACV. A realização ACV comparando o processo de produção do papelão e de outro material que tenha menor impacto ambiental. Como também na introdução de esforço humano em cada processo conforme já realizado em outros trabalhos apresentado no referencial teórico.

Sendo assim, este trabalho contribuiu como uma forma desenvolvimento do meio acadêmico e empresarial a partir das novas pesquisas realizadas, buscando sempre inovar e difundir a metodologia da melhoria contínua, não podendo esquecer do meio ambiente, que está sendo um tema discutido e priorizado entre as universidades e empresas.



## REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Engenharia de Produção: Grande Área e Diretrizes Curriculares**. Itajubá, 1998.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ISO 14001: Sistema de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. São Paulo, 2004.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. São Paulo, 2009a.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ISO 14044: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. São Paulo, 2009b.

AMANACO - Associação Nacional dos comerciantes de material de construção. **Vendas no varejo de material de construção crescem 3% em janeiro**. Disponível em: <<http://novo.anamaco.com.br/noticia-interna.aspx?uid=4670>>. Acesso:08/04/2018.

ASMI - ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE. **A Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Canadian Medium Density Fibreboard (MDF)**. Ottawa, On, 2009.

AMANACO - Associação Nacional dos comerciantes de material de construção. **Vendas no varejo de material de construção crescem 10% em março**. Disponível em: <<http://novo.anamaco.com.br/noticia-interna.aspx?uid=4705>> Acesso:08/04/2018

BATALHA, M. O. **Introdução à Engenharia de Produção**. Edição 1. São Paulo. 2007.

CARDOSO, A. **Aplicando lean em industrias de processo** Lean Institute Brasil. 2009.

CBIC. **PIB Brasil e Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso:08/04/2018

CHEUNG, W. M.; LEONG, J. T.; VICHARE, P. Incorporating lean thinking and life cycle assessment to reduce environmental impacts of plastic injection moulded products. **Journal of Cleaner Production**, New Castle (Northumbria), n. 167, p. 759 - 775, ago. 2017.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. **Sondagem indústria da construção**. fevereiro 2018.

DUES, C. M.; K. H. T. and M. L. Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. **Journal of Cleaner Production**, n. 40, p. 93-100, dez. 2011.

EDTMAYR, T.; A. S. and W. S.. **An Approach to Integrate Parameters and Indicators of Sustainability Management into Value Stream Mapping**. Procedia CIRP, n. 41, p. 289-294, ago. 2015.

FAULKNER, K.; F. B. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. **Journal of Cleaner Production**, Lexington (USA), n. 85, p. 8-18, jun. 2014.

FERRO, F. R. **A essência da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor**. 2005. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/artigos/61/a-essencia-da-ferramenta-mapeamento-do-fluxo-de-valor.aspx>>. Acesso em: 17/04/2018.

GALLARDO, C. A. **Princípios e Ferramentas do Lean Thinking na Estabilização Básica: Diretrizes para Implantação no Processo de Fabricação de Telhas de Concreto Pré-Fabricadas**. Campinas - SP: Dissertação de Mestrado. 2007.

GARZA, J. A. Lean and green - a systemic review of the state of the art literature. **Journal of Cleaner Production**, Kledleston (Derby), n. 102, p. 18-29, abr 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991

GREETING, J. W. **Lean Enterprise Institute**. Obtido em 23 de Abril de 2011, de Lean Enterprise Institute: [www.lean.org](http://www.lean.org). 2009.

HAUSCHILD, M. Z.; et al. Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, set. 2012.

HELLENO, A. L.; A. J. I. de M.; A. T. S. Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. **Journal of Cleaner Production**, Piracicaba (SP), n. 153, p. 405-416, dez. 2015.

IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e tecnologia. “**Histórico da ACV**”. Disponível em: < <http://acv.ibict.br/acv/historico-da-acv/>>. Acesso em: 22/04/2018.

IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e tecnologia. “**O que é avaliação do Ciclo de Vida**”. Disponível em: < <http://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/>> Acesso em: 22/04/2018.

IFU HAMBURG GMBH. **Umberto® NXT LCA**: User manual. ifu Hamburg GmbH. Hamburg / Germany. 2015.

LIB a – Lean Institute Brasil. **Perguntas Frequentes**, Disponível em: <[https://www.lean.org.br/perguntas\\_frequentes.aspx](https://www.lean.org.br/perguntas_frequentes.aspx)>. Acesso em: 22/04/2018.

LIB b – Lean Institute Brasil. **Definição**, Disponível em: <[https://www.lean.org.br/perguntas\\_frequentes.aspx](https://www.lean.org.br/perguntas_frequentes.aspx)>. Acesso em: 22/04/2018.

LITOS, L.; B. F.; P. J.; C. D. and S. K. Management Tool Design for Eco-efficiency Improvements in Manufacturing – A Case Study. **Procedia CIRP**, n. 60, p. 500-505, fev. 2017.

LUZ, L. M. **Integração da avaliação do ciclo de vida ao processo de desenvolvimento de produto**: uma proposta metodológica. UTFPR. Ponta Grossa - 2017. Dissertação de mestrado.

MARUTHI, G Dilip; RASHMI, R. Green manufacturing: It's tools and techniques that can be implemented in manufacturing sectors. **Materialstoday: proceedings, Bengaluru** (India), n. 2, p. 3350-3355, 2015.

MATOS, S.; QUELHAS, O. Organizações Humanamente Sustentáveis: Estudo de Caso em Organizações de Base Tecnológica, um Foco na Gestão de Pessoas. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. v.2, n.2, p 51-68, 2008.

MATTHEWS, H. S.; HENDRICKSON, C.T.; MATTHEWS, D. H. **Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions That Matter**. 2015. Disponível em: <[www.lcatextbook.com](http://www.lcatextbook.com)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

MOREIRA, S. P. S. Aplicação das ferramentas Lean. Caso de estudo. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa: Dissertação de Mestrado, 2011.

NG, R.; Low J. S. C.; Song B. Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric. **Journal of Cleaner Production**, Nanyang (Singapura), n. 95, p. 242-255, fev. 2015

OEE. **Fórmula**. Disponível em: <<http://www.oee.com.br/formula-oe/>>. Acesso em: 21/04/2018.

ONU – Organização das Nações Unidas. **A ONU e o meio ambiente**. Disponível em: <[www.onu.com.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-meio-ambiente/](http://www.onu.com.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-meio-ambiente/)>. Acesso em: 22/04/2018.

PERIN, P. C. **Metodologia de padronização de uma célula de fabricação e de montagem, integrando ferramentas de produção enxuta**. USP. São Carlos, 2005.

PIEKARSKI, C. M. **Proposta de melhoria do desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do painel de madeira MDF**. UTFPR. Ponta Grossa. Dissertação de mestrado, 2013.

PINTO, J. P. **Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras**. Lidel Edições Técnicas, 2008.

POLICORDA. **Brocha Base Retangular Plástica**. Acesso em: <<https://policorda.com.br/brocha-base-retangular-plastica-cod-12191-pacote-com-10-unidades>>. Acesso em: 28/07/2018.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção** – O ponto de vista da Engenharia de Produção. p. 129. São Paulo, 1996.

SILVA, D. A. L. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. 2012. 207 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

TEJEDA, A. S. **Mejoras de lean manufacturing em los sistemas productivos**. Universidad Autonoma del Estado de México, 2011.

VINODH, S.; R. B. R.; P. A.. Life cycle assessment integrated value stream mapping framework to ensure sustainable manufacturing: A case study. **Clean Technologies and Environmental Policy**, Tiruchchippalli (India), n. 18, p. 279-295, Abr. 2015.

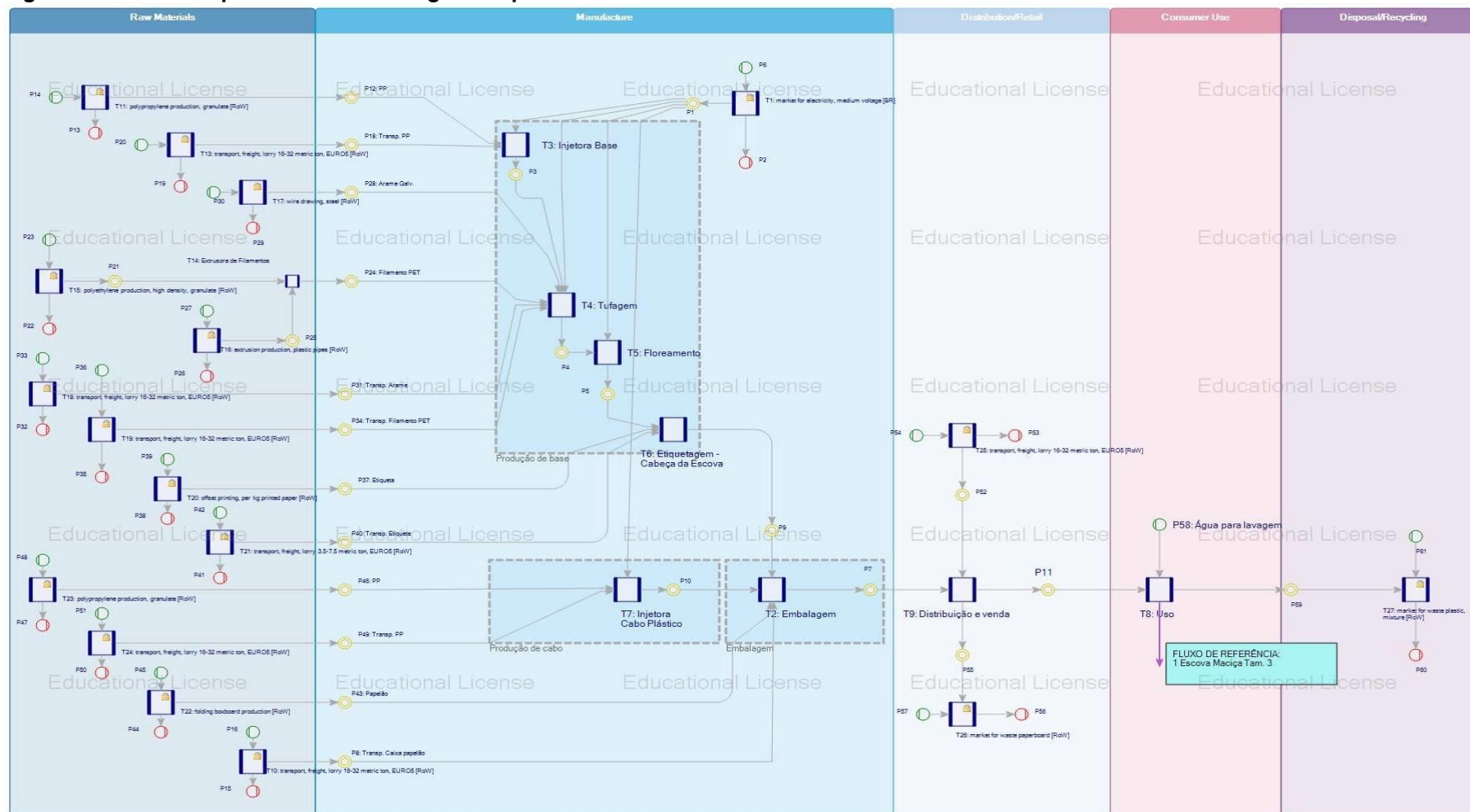
VOITTO. **Mapa de Fluxo de Valor**. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/mapa-do-fluxo-de-valor>>. Acesso em: 15/04/2018.

WOMACK, J. **25 anos após a publicação de “A Máquina que Mudou o Mundo”**. Jim Womack reflete sobre o que está impedindo o lean de avançar. Disponível em: WOMACK. <https://www.lean.org.br/artigos/444/25-anos-apos-a-publicacao-de-%E2%80%9Ca-maquina-que-mudou-o-mundo%E2%80%9D,-jim-womack-reflete-sobre-o-que-esta-impedindo-o-lean-de-avancar.aspx>>. Acesso em: 02/05/2018.

WOMACK, J. P. **A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking** – Elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro, 2004.

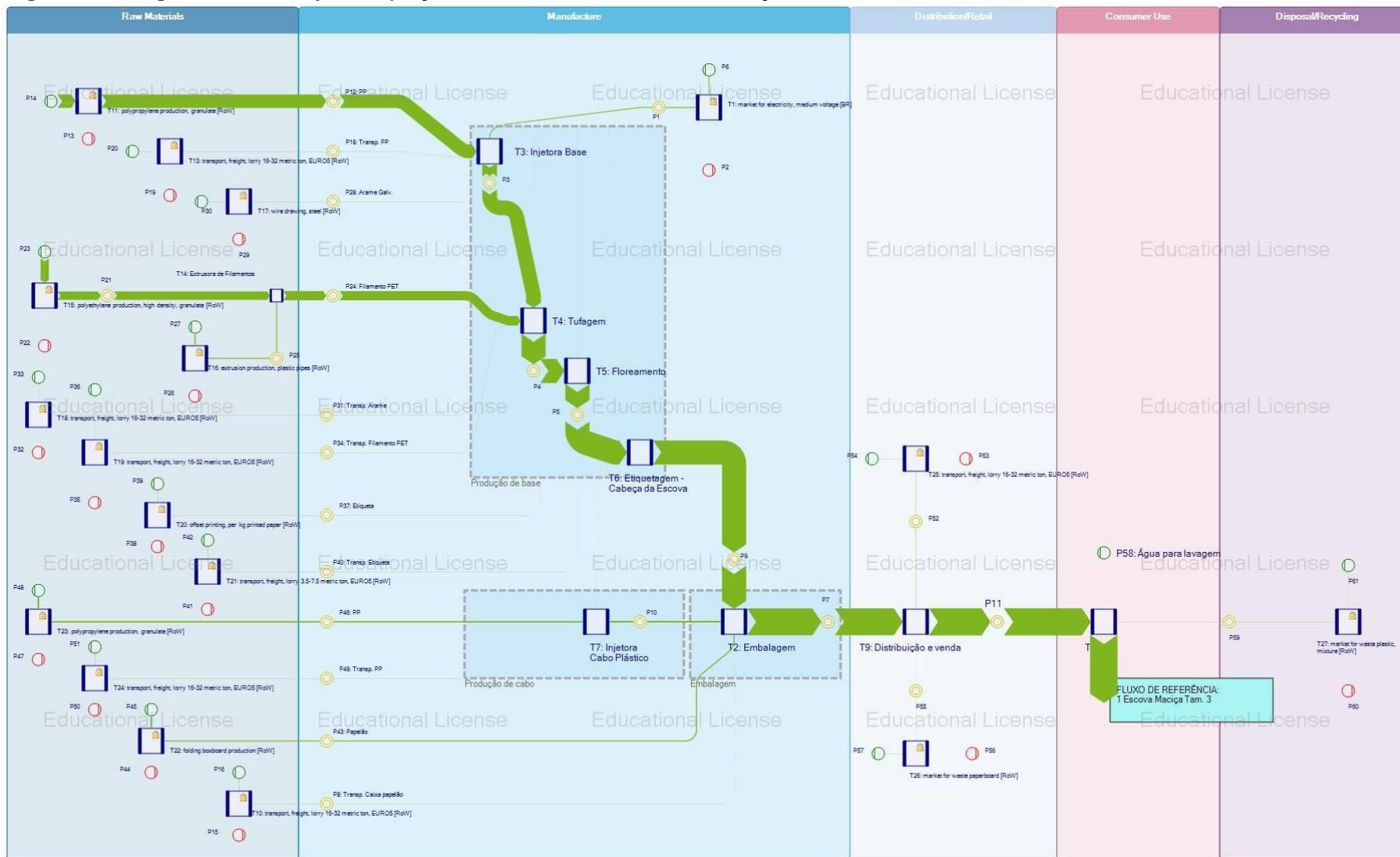
**APÊNDICE A - Modelagem da ACIV da brocha na situação Atual**

Figura 15 – Fluxo de processo *Cradle-to-gate* do processo de brocha



Fonte: Autoria Própria

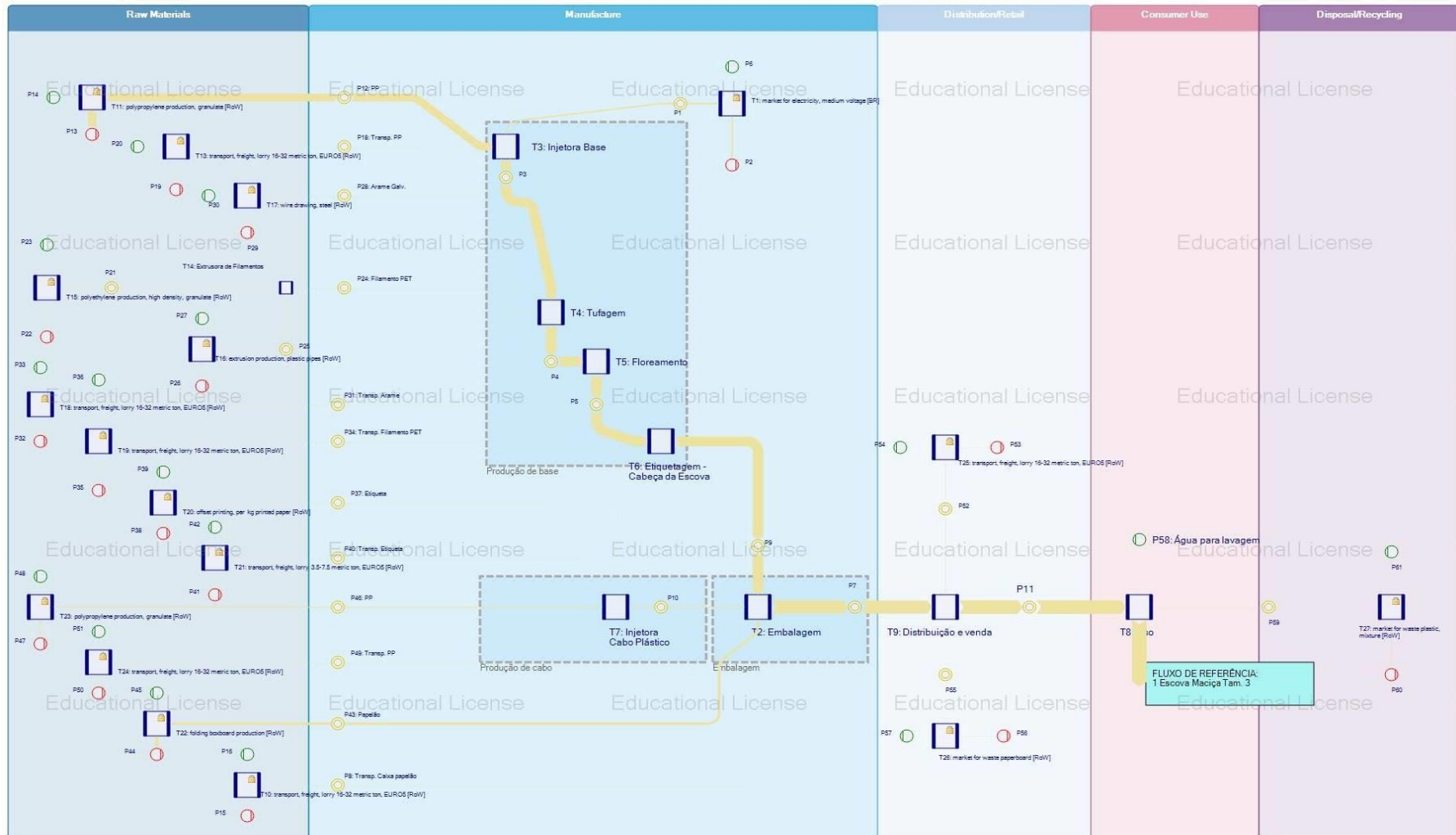
Figura 16 – Diagrama de Sankey de Depleção de Recursos Abióticos – situação atual



Fonte: Autoria Própria

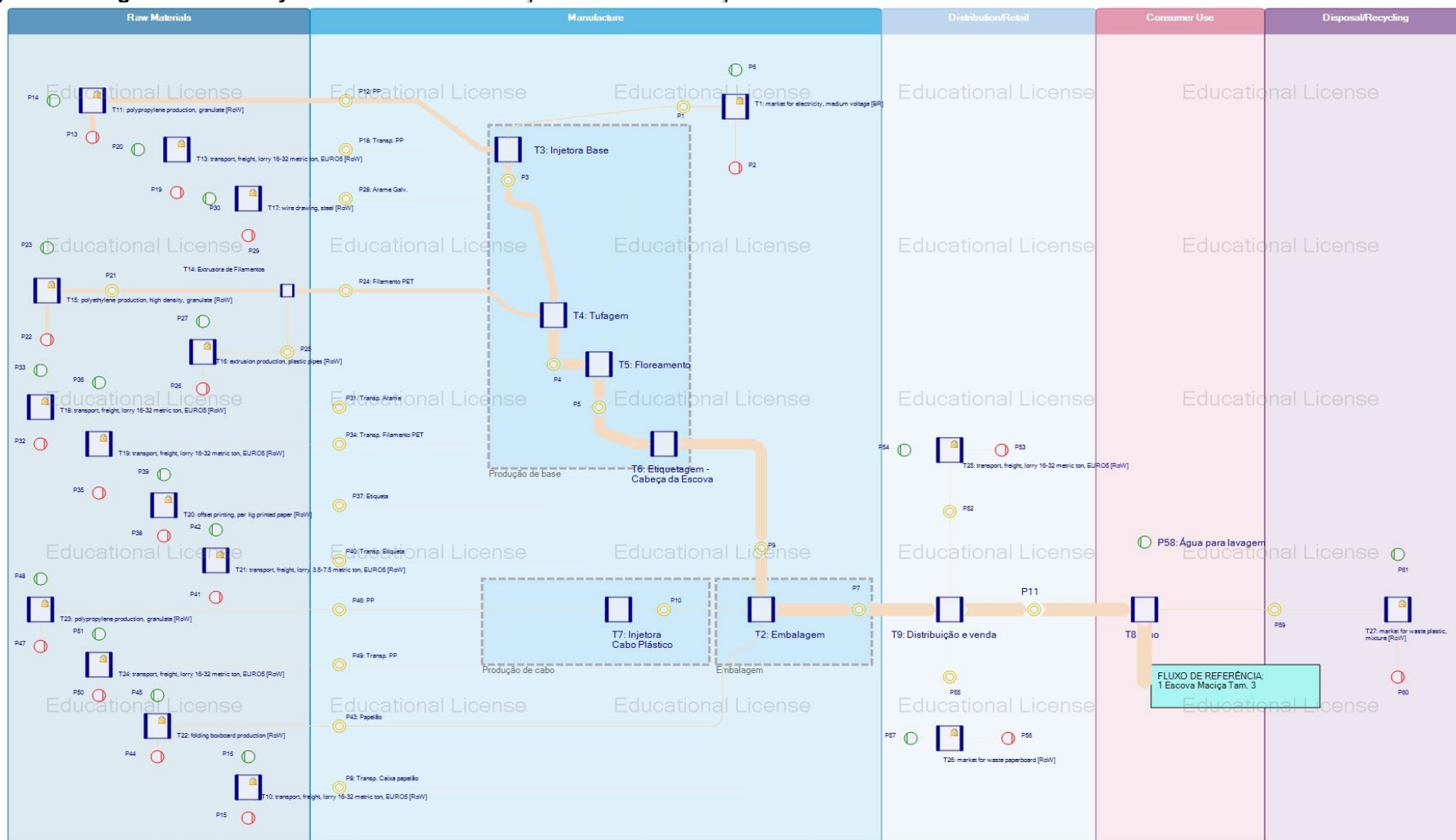


Figura 17 - Diagrama de Sankey de Potencial de Toxicidade Humana – situação atual



Fonte: Autoria Própria

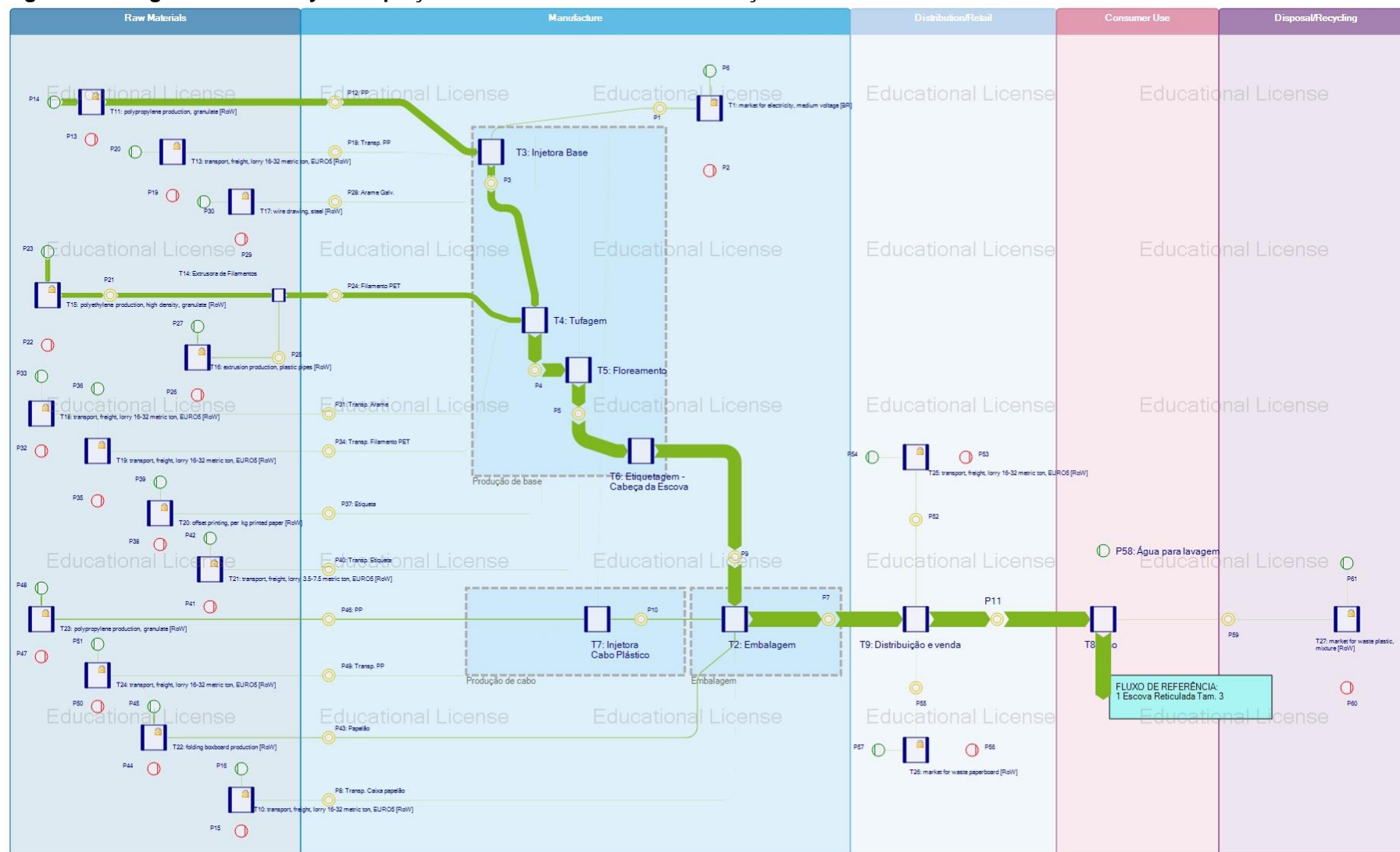
Figura 18 - Diagrama de Sankey de Potencial de Mudança Climática – situação atual



Fonte: Autoria Própria

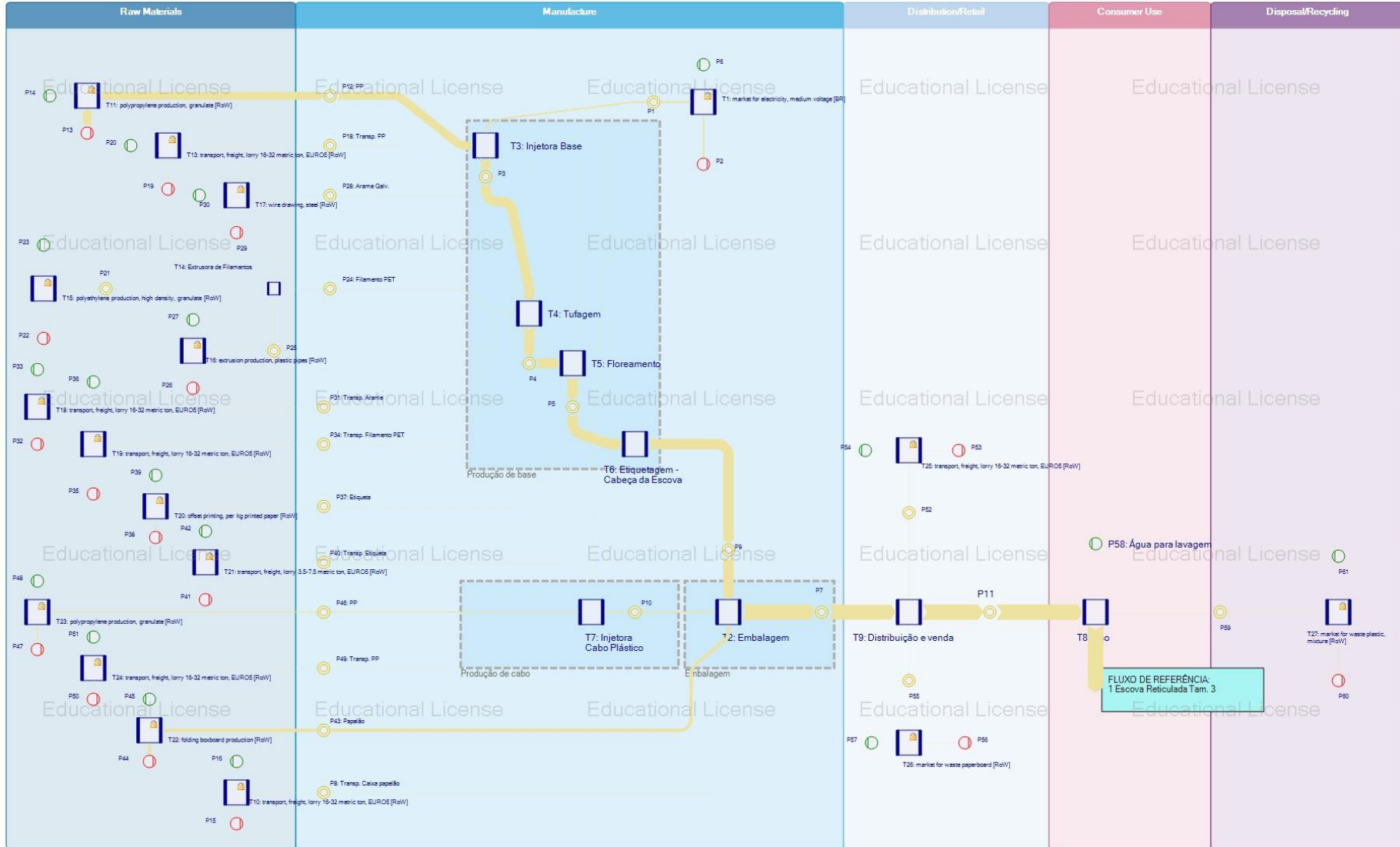
**APÊNDICE B - Modelagem da AICV da brocha na situação Futura**

Figura 19 - Diagrama de Sankey de Depleção de Recursos Abióticos– situação futura



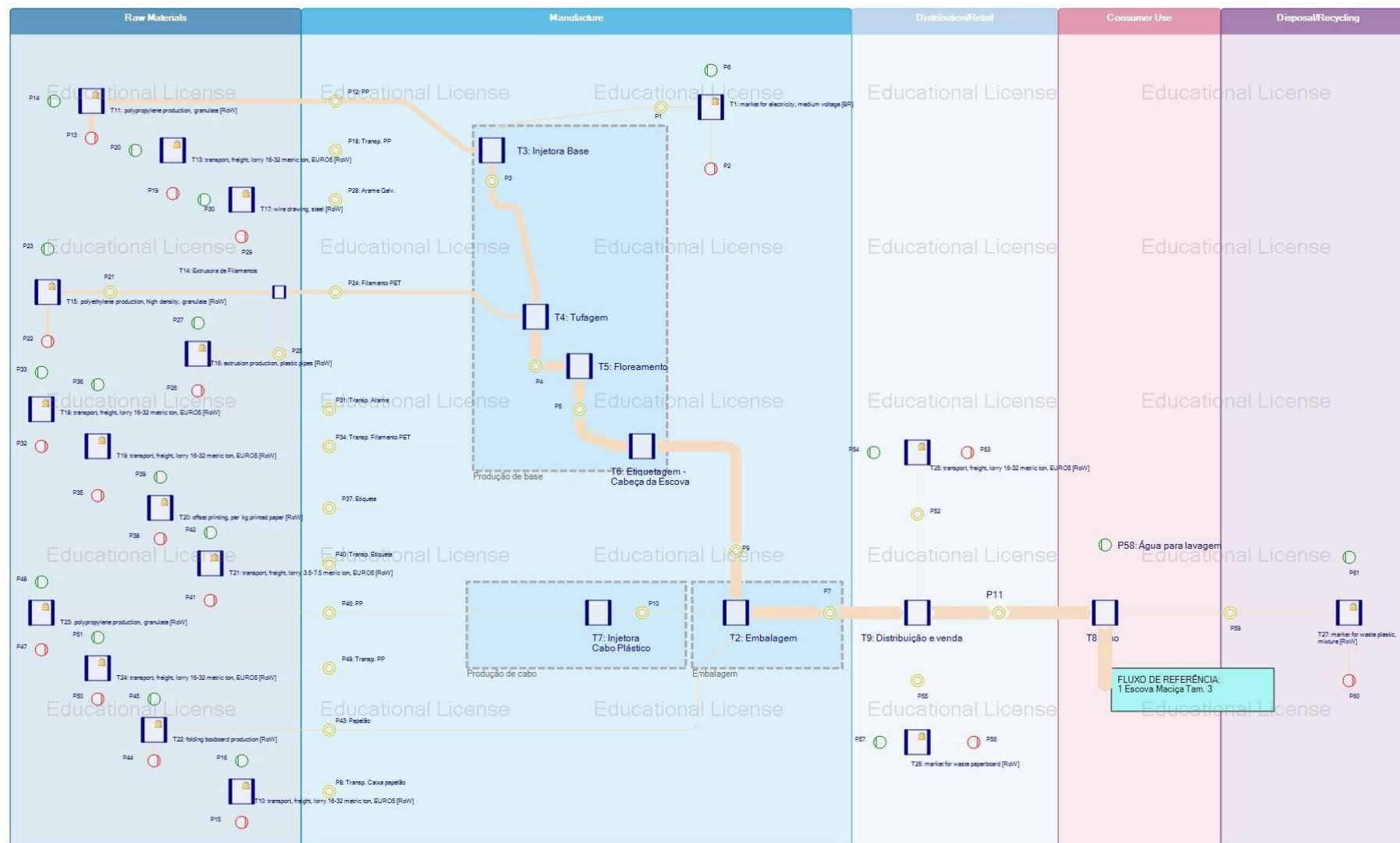
Fonte: Autoria Própria

Figura 20 - Diagrama de Sankey de Potencial de Toxicidade Humana – situação futura



Fonte: Autoria Própria

Figura 21 - Diagrama de Sankey de Potencial de Mudança Climática – situação futura



Fonte: Autoria Própria