

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

THIAGO AUGUSTO DE MORAIS

**ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE PRODUÇÃO DE AUTOCLAVES EM  
EMPRESA DE BIOSSEGURANÇA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

THIAGO AUGUSTO DE MORAIS

**ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE PRODUÇÃO DE AUTOCLAVES EM  
EMPRESA DE BIOSSEGURANÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Profª Drª Cristiane Kreutz

Co-orientador: Prof. Dr. Artur Jorge de Jesus Gonçalves

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB  
Curso de Engenharia Ambiental



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE PRODUÇÃO DE AUTOCLAVES EM EMPRESA DE BIOSSEGURANÇA**

por

**THIAGO AUGUSTO DE MORAIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 24 de Junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Profa. Dra. Cristiane Kreutz

---

Prof. Dr. Artur Jorge de Jesus Gonçalves

---

Profa. Msc. Vanessa Medeiros Corneli

---

Profa. Dra. Márcia Aparecida de Oliveira Seco

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais por todo o incentivo e apoio, tanto financeiro quanto emocional, durante toda a minha graduação, bem como ao meu irmão com quem tive a felicidade de estudar junto e participou do meu dia a dia em Campo Mourão.

Gostaria de reverenciar os professores que foram importantíssimos em minha formação, em especial a professora orientadora Cristiane e o professor co-orientador Artur.

A todos os colegas e amigos da universidade, com quem tive a oportunidade de conviver e me alegrar durante todo esse tempo, principalmente aqueles que moraram comigo.

Agradeço aos professores da banca examinadora também, pela atenção e contribuições a esse trabalho.

Ao pessoal da empresa Cristófoli que me recebeu e possibilitou que este trabalho seja realizado, em especial a Fátima, que foi quem me recebeu e ajudou com a pesquisa.

Por último e não menos importante, agradeço a Deus pelas oportunidades que me foram apresentadas e pelos ótimos anos que tive durante minha formação.

## RESUMO

MORAIS, Thiago A. Análise de ciclo de vida de produção de autoclaves em empresa de biossegurança. 2016. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

A crescente conscientização ambiental da população e das empresas é relacionada a grande degradação ambiental originada pelo aumento exponencial de indústrias das últimas décadas. Tal fato tem feito com que as organizações procurem otimizar seus processos e minimizar seus efeitos adversos ao meio ambiente. Assim, houve o aparecimento de diversas ferramentas de gerenciamento em busca do desenvolvimento sustentável. Entre elas, destaca-se o conjunto de normas ISO 14000 e o tema deste estudo, a ISO 14040, que visa quantificar os impactos ambientais durante o ciclo de vida de um produto. O presente trabalho analisou e aplicou os requisitos organizacionais da ferramenta de análise do ciclo de vida do produto (ACV), com base na norma EN ISO 14040:2006 para uma indústria de equipamentos biossegurança. Para atingir tal objetivo, foi necessário quantificar os fluxos de entrada e saída de matéria-prima referentes à produção de uma autoclave em uma empresa de biossegurança de pequeno/médio porte em Campo Mourão/PR. As informações foram obtidas por meio de visitas, aplicação de questionários e observações diretas e utilizadas como entrada em um programa computacional com extensa base de dados para quantificação dos impactos ambientais diretos e indiretos para cada unidade produzida, de forma a elaborar o inventário de ciclo de vida do produto. Em seguida os impactos e aspectos ambientais foram avaliados, onde os significativos incluem o decréscimo de recursos hídricos e recursos naturais, além da redução da vida útil do aterro sanitário, devido a quantidade de matéria-prima utilizada e água consumida. Dessa forma, os resultados foram interpretados e quantificados os impactos para dois modelos de fronteira do sistema: do “portão ao portão” e do “berço ao berço”, com destaque para o potencial de aquecimento global, ocasionado pelas emissões atmosféricas indiretas proveniente do uso de energia elétrica e da depleção dos recursos hídricos devido ao consumo de água. No ciclo de vida apenas dentro da empresa, foram obtidos os valores de 26 mil toneladas de efluentes indiretos, devido a etapas de extração e produção de energia e matéria-prima fora da empresa, além de 546 toneladas de emissões atmosféricas da mesma forma. Quando comparados esses valores com um ciclo de vida que incluem a reciclagem do aço e reutilização na cadeia produtiva, há uma diminuição possível de 6 mil toneladas de efluentes lançados e 100 toneladas de emissões atmosféricas. De uma forma geral, a utilização de energia elétrica e o consumo de água foram os indicadores mais danosos ao meio ambiente. Assim, foram sugeridas medidas mitigadoras como metas de redução de consumo e utilização de materiais reciclados, se possível.

**Palavras-chave:** Gestão Ambiental. Análise de ciclo de vida. ISO 14040. Avaliação de Impactos Ambientais. Desenvolvimento Sustentável.

## ABSTRACT

The growing environmental awareness of the population and businesses is related to major environmental degradation caused by the exponential increase of industries in the last decades. This fact has caused organizations to optimize their processes and minimize its adverse effects on the environment. Thus, there was the appearance of several management tools in pursuit of sustainable development. Among them, there is the ISO 14000 series of standards and the subject of this study, the ISO 14040, which aims to quantify the environmental impacts during the life cycle of a product. This study analyzed and applied the organizational requirements of the analysis tool of the product life cycle (LCA), based on EN ISO 14040: 2006 for a biosafety equipment industry. To achieve this goal, it was necessary to quantify the input and output flows of raw materials in the production of an autoclave in a small / medium sized bio-security company in Campo Mourao / PR. The information was obtained through visits, application of questionnaires and direct observations, followed by the use as input to a computer program with extensive database to quantify the direct and indirect environmental impacts for each unit produced, in order to draw up the inventory cycle life of the product. Then the impacts and environmental aspects were evaluated, where significant ones include the decrease of water resources and natural resources, as well as decrease of life-span of landfills, due to the amount of raw material used and consumed water. Thus, the results were analyzed and quantified the impacts for two system boundary models: the "gate to gate" and the "cradle to cradle", highlighting the global warming potential, caused by indirect atmospheric emissions from the electricity use and depletion of water resources due to water consumption. In the life cycle assessment within the company, the value of 26 thousand tons of indirect effluent were obtained due to extraction steps and production of energy and raw materials outside the company, in addition to 546 tons of atmospheric emissions in the same way. When comparing these values with a life cycle including recycling and reuse of steel in production chain, there is a possible decrease of 6 thousand tons of effluents and 100 tons of air emissions. In general, the use of electric energy and water consumption indicators were the most damaging to the environment. Thus, mitigation measures have been suggested, such as consumption reduction targets and use of recycled materials, if possible.

**Key-words:** Environmental management. Life Cycle Assessment (LCA). ISO 14040. Assessment of Environmental Impacts. Sustainable development.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Certificações e sistemas de qualidade em empresas do Paraná.....	15
Gráfico 2– Potencial de aquecimento global .....	37
Gráfico 3– Potencial de destruição da camada de ozônio .....	38
Gráfico 4– Material particulado.....	38
Gráfico 5– Eutrofização de águas doces.....	39
Gráfico 6 – Depleção de recursos hídricos .....	40
Gráfico 7 – Comparação de potencial de aquecimento global por fronteira do sistema .....	42
Gráfico 8 – Comparação de depleção de recursos hídricos por fronteira do sistema	43

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Critérios de Avaliação da Matriz de Aspectos e Impactos Ambientais ....	23
Quadro 2 – Modelo de Matriz de Aspectos e Impactos Ambientais .....	23
Quadro 3 - Resíduos gerados na empresa e seus respectivos métodos de recolha	26
Quadro 4 - Produtos e Subprodutos da produção da autoclave.....	28
Quadro 5 - Matriz de avaliação de aspectos e impactos ambientais.....	33

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
3.1 IMPACTOS AMBIENTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	11
3.2 GESTÃO AMBIENTAL EM EMPRESAS DE BIOSSEGURANÇA .....	13
3.3 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA .....	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	19
4.2 OBJETO DE PESQUISA .....	19
4.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	20
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>24</b>
5.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS DOS QUESTIONÁRIOS .....	24
5.1.1 Informações Obtidas no Questionário “A” .....	24
5.1.2 Informações Obtidas no Questionário “B” .....	27
5.2 APRESENTAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA .....	29
5.2.1 Fluxos de processos .....	29
5.2.2 Cálculo de Dados .....	31
5.3 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS .....	33
5.4 INTERPRETAÇÃO DA ACV .....	35
5.4.1 ACV para Processo do “Portão ao Portão” .....	35
5.4.2 ACV para Processo do “Berço ao Berço” .....	41
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>
APÊNDICE A - Questionário de caracterização da empresa e logística .....	49
APÊNDICE B – Questionário de levantamento dos dados de processos produtivos da empresa .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

A sociedade sempre explorou os recursos naturais em prol de seu sustento e desenvolvimento, de modo que resíduos foram gerados sem se preocupar com seus impactos. No entanto, a industrialização e o exponencial crescimento do número de indústrias, ocasionados pela demanda por bens e serviços, resultaram no aumento da degradação de recursos naturais, poluição do ar, solo e água. De acordo com Moura (2000), os principais poluentes gerados pelos sistemas industriais incluem a liberação de gases tóxicos, como o monóxido de carbono, dióxido de enxofre e dióxido de carbono, além de sólidos particulados e águas residuárias em grande quantidade, que possuem em sua composição elementos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.

O uso das ferramentas de gestão em empresas preocupa-se em resguardar o meio ambiente por meio da minimização dos impactos causados por suas atividades e melhoria de seus processos, sendo uma das mais simples a utilização dos três “R”, que defende o conceito de Redução, Reutilização e Reciclagem.

Tendo em vista o marketing ambiental positivo, a crescente preocupação da sociedade, a competitividade do mercado, bem como os benefícios financeiros e em relação ao meio ambiente, a norma ISO 14001 destaca-se como padrão internacional, de forma a contribuir como um instrumento de controle desses problemas ambientais, visando o desenvolvimento sustentável.

A ISO 14001 se torna um importante instrumento de gestão ambiental largamente utilizado no mundo em diferentes organizações como uma forma de padronizar procedimentos e evitar e/ou minimizar danos ao meio ambiente. Porém, esta norma possui um caráter qualitativo, muito útil na identificação de atividades poluidoras, mas nem tanto para mensuração dos impactos e soluções para os mesmos. Assim, foi desenvolvida a norma ISO 14040 para Análise de Ciclo de Vida (ACV) do produto, onde esta ferramenta é empregada na quantificação de geração de resíduos e emissões, no conceito denominado “do berço ao túmulo” do produto, ou seja, desde a extração da matéria-prima até a disposição final do produto como um resíduo (GARCIA, 2008).

Embora a ACV não seja tão conhecida quanto a ISO 14001, ela é muito importante na prevenção de poluição e produção mais limpa em empresas e

organizações, de forma a conferir credibilidade à imagem e ao marketing ambiental positivo associado às mesmas.

Para a utilização dessa ferramenta, é fundamental um estudo de todo o ciclo produtivo de um produto. Desse modo, o presente trabalho teve por objetivo analisar os requisitos da norma EN ISO 14040:2006 para avaliação do ciclo de vida de autoclaves produzidas por uma empresa de biossegurança, de pequeno/médio porte, localizada no município de Campo Mourão – PR.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo geral aplicar os requisitos organizacionais da ferramenta de análise do ciclo de vida do produto (ACV), com base na norma EN ISO 14040:2006 para uma indústria de equipamentos biossegurança.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir o objetivo e o escopo do projeto, de acordo com a norma EN ISO 14040:2006;
- Identificar as etapas do sistema de produção de autoclave;
- Analisar o processo produtivo da produção de autoclave para a construção dos fluxos de entradas e saídas;
- Inventariar o ciclo de vida do produto;
- Classificar os impactos ambientais recorrentes à fase de produção de Autoclaves, a partir do inventário;
- Interpretar os resultados decorrentes da aplicação da ferramenta ACV, de acordo com norma EN ISO 14040:2006.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 IMPACTOS AMBIENTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A natureza baseia seu funcionamento em ciclos de produção e consumo dos recursos como fonte de energia. O desenvolvimento humano atual é apenas a etapa de consumo desses ciclos, por isso, a sobrevivência de um povo deve estar relacionada à sustentabilidade de seus sistemas de produção, de forma que se obtenha o produto desejado sem resultar em prejuízos ambientais aos ecossistemas ao longo do tempo. O desenvolvimento sustentável é definido pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento como o desenvolvimento capaz de atender às necessidades do tempo presente sem comprometer as capacidades das próximas gerações em atender suas demandas (*World Commission on Environment and Development*, 1987).

A complexidade dos processos industriais utilizados pelo homem exerce grande influência sobre o meio ambiente, acarretando sérios problemas. A demanda por bens de consumo cresce em altas proporções e, assim, o consumo dos recursos naturais necessários para produção dos mesmos. Os efeitos adversos causados ao meio ambiente são oriundos da extração e utilização da matéria-prima em uma escala que compromete a existência dos seres vivos nos ecossistemas. Adicionalmente, a geração de resíduos pelos processos industriais também são responsáveis por afetar a sobrevivência dos organismos nesses ecossistemas, de modo que frequentemente altera a cadeia alimentar imprevisivelmente (SANTOS, 2011).

Tendo isto em vista, Jacobi (2003) atenta para a necessidade de se refletir sobre as práticas industriais atuais e a permanente degradação do meio ambiente e dos ecossistemas ocasionados por emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos, além da extração e utilização dos recursos naturais, tais que afetam os ecossistemas em variados níveis. O autor afirma que devido ao fato de a maior parte da população do Brasil viver em cidades, as constantes degradações ambientais impulsionadas pelo consumismo exacerbado refletem uma crise

ambiental que emerge como um grande desafio para a atual geração. Dessa forma, a capacitação profissional e a educação ambiental se mostram instrumentos significativos no que tange um novo perfil de organização social com ênfase em sustentabilidade.

O conceito de sustentabilidade está ligado ao uso racional dos recursos naturais, de forma a garantir a manutenção dos estoques da natureza ou a sua reposição, não importando se natural ou artificial. Tal objetivo também pode ser alcançado pelo desenvolvimento de tecnologias inovadoras que sejam substitutas mais eficientes para as matérias-primas limitadas (MOURA, 2000).

As empresas passaram a desenvolver atividades para atender essa nova demanda de seu ambiente externo, com foco na questão ambiental. Donaire (1994) expõe que as indústrias respondem a essa questão em três fases, dependendo do grau de conscientização ambiental: controle ambiental nas saídas, integração do controle ambiental nas práticas e processos industriais, e integração do controle ambiental na gestão administrativa. A maioria das organizações se encontra na segunda fase e apenas uma minoria mais amadurecida na terceira fase.

Com a implantação dos sistemas de gestão ambiental, as indústrias necessitam avaliar seus aspectos e impactos ambientais significativos por meio de uma metodologia adequada. Os impactos ambientais são quaisquer alterações das características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, sendo resultado de matéria ou energia proveniente de atividades humanas. Esses impactos podem afetar direta ou indiretamente a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como as atividades sociais e econômicas, a biota e os recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Dessa forma, é importante caracterizar os impactos ambientais derivados de atividades industriais e comerciais, visando a identificação e minimização dos danos causados ao meio ambiente. Santos (2011) afirma que o método mais aceitável de interpretação do balanço ecológico decorrente de atividades potencialmente poluidoras é o de utilização de categorias de impactos e fatores de equivalência. Nesse método, os potenciais efeitos ambientais de um produto são quantificados pelos fatores de equivalência, de acordo com o peso de cada categoria de impacto, onde há um consenso de que sejam definidos três principais tipos de problemas ambientais: consumo de recursos, impactos à saúde humana e impactos ecológicos.

Santos (2011) ainda apresenta alguns métodos de definição de valores ponderados para as categorias de impactos ambientais, com metodologias desenvolvidas com ênfase em estudos de ACV, descritas a seguir.

Uma das primeiras metodologias desenvolvidas para estudos de ACV foi a *Swiss Critical Volumes Approach*, ou Abordagem Suíça de Volumes Críticos, no início da década de 1980. Durante a classificação dos impactos, os dados do processo produtivo são alocados em categorias de geração de resíduos sólidos, emissões para o ar, para a água e para o solo, além de consumo de energia. Para classificá-los, calcula-se o volume crítico de cada substância dividindo a emissão pelo padrão de qualidade correspondente, de forma que o volume crítico total é o somatório dos volumes críticos individuais.

Esse método apresenta facilidade de manipulação de dados em grandes escalas, embora não considere problemas globais, como o aquecimento global. Já a *Best Practicable Environmental Option - BPEO Methodology* (que se traduz como “Melhor opção ambiental praticável”) é considerada como a melhor opção ambiental, desenvolvida para avaliar processos pela comparação das substâncias emitidas e das concentrações máximas permitidas que não causam danos à saúde humana e aos ecossistemas. Nesse método, é calculado um índice ambiental integrado resultando do somatório dos impactos de todas as substâncias em todas as categorias ambientais (SANTOS, 2011).

Os aspectos e impactos ambientais podem ser diferentes, de acordo com o porte, local e tipo de atividade. Embora a identificação dos mesmos seja trabalhosa, para atingir esse objetivo é preciso formular hipóteses sobre as alterações ambientais que poderão ocorrer, tanto direta quanto indiretamente, ocasionadas no momento de exercer as atividades da organização para então, utilizar ou adaptar a metodologia que melhor se adequa à situação em questão (SANCHEZ, 2006).

### **3.2 GESTÃO AMBIENTAL EM EMPRESAS DE BIOSSEGURANÇA**

O conceito de Biossegurança está baseado na contenção dos riscos de exposição a agentes nocivos ao trabalhador, pacientes e meio ambiente, de forma a

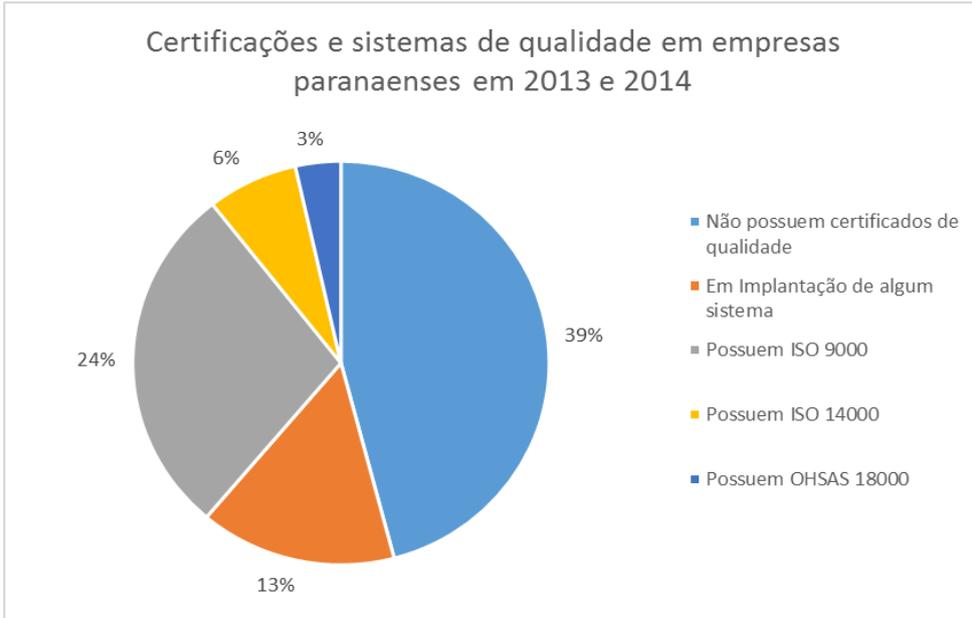
minimizar e/ou eliminar o risco em um ambiente de trabalho (SESMT - UFMA, 2015). Os autores ainda classificam a contenção de riscos de dois modos: contenção primária e contenção secundária. Na forma primária, a proteção do trabalhador e do ambiente de trabalho contra agentes infecciosos se dá por meio de práticas microbiológicas seguras e pelo uso adequado de equipamentos de segurança, como a autoclave. Já a contenção secundária envolve a proteção do ambiente externo contra contaminações que possam ocorrer em laboratórios ou setores, assim, essa proteção é alcançada por meio de adequada infraestrutura e rotinas de trabalho.

A gestão empresarial sustentável tem se tornado um desafio crescente para as empresas. Zoldan (2008) relaciona a enorme pressão exercida pelo aumento do número de consumidores, Organizações não Governamentais e meios de comunicação à exigência dos governos por medidas mais eficazes de punição às empresas que degradem o meio ambiente.

As principais vantagens da adoção de processo de produção sustentável na visão dos empresários são a preservação do meio ambiente para futuras gerações, imagem da empresa no mercado e conformidade com a lei, além de redução de custos de produção (SEBRAE, 2014).

Os números referentes à certificações e sistemas de qualidade também melhoraram, pois na pesquisa da Sondagem Industrial entre 2006 e 2007, 50,7% das empresas não possuíam certificação da qualidade, 3,4% tinham ISO 14001 e 9,1% outros certificados. Tais motivações demonstram a mudança de pensamento dos líderes industriais paranaenses nos últimos anos, quando comparados às motivações da 11ª Sondagem Industrial: pressões da sociedade, atender clientes internacionais e exigências legais (SEBRAE, 2007).

A 18ª Sondagem Industrial, desenvolvida em contato com empresas do Paraná nos anos de 2013 e 2014, indica que a porcentagem de empresas não possuidoras de certificados de qualidade diminuiu ao passo que a porcentagem das que possuíam algum sistema de gestão aumentou, conforme visualizado no Gráfico 1:



**Gráfico 1– Certificações e sistemas de qualidade em empresas do Paraná**  
 Fonte: Adaptado de SEBRAE (2014).

A empresa estudada nesse projeto pertence a esse ramo crescente que envolve a fabricação de produtos médicos, odontológicos, hospitalares e de laboratórios. A Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios (ABIMO) é a responsável por monitorar informações do setor, gerando informações para as partes interessadas.

De acordo com a ABIMO, o setor possuía um nível total de emprego de 62,8 mil pessoas em 2014, com crescimento de 2,3% da taxa de emprego. Adicionalmente, o PIB setorial também vem crescendo nos últimos anos, atingindo a marca de R\$ 2,75 bilhões em 2014, além de exercer significativa influência no mercado exterior por meio de importações e exportações (ASSOCIAÇÃO..., 2015).

Em Campo Mourão, estado do Paraná, estima-se que haja 25 empresas de pequeno porte ativas no mercado de produção de equipamentos de biossegurança, responsáveis pela produção de mais de 70 produtos diferentes (MORIGI; SOUZA, 2012). Essas empresas podem não representar um alto potencial poluidor devido ao seu porte, mas quando analisadas em conjunto, os impactos ambientais podem se tornar significantes. Como resultado, os mesmos devem ser classificados e mitigados, de forma que a aplicação de ferramentas de gestão ambiental possibilitam melhorias no processo e redução de impactos.

### 3.3 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

O sucesso econômico de uma empresa está intrinsecamente relacionado à visão de desenvolvimento sustentável nos dias atuais. As legislações ambientais vigentes tornam cada vez menos inviáveis uma empresa se consolidar sem estar em conformidade com o meio ambiente, estas que são impulsionadas pela opinião pública e crescente conscientização sobre os impactos ambientais dos processos produtivos de grandes empresas (ZOLDAN, 2008)

Argumentos esses reforçados por Donadon (2004) no qual aponta que a produção sustentável não se baseia apenas no cumprimento da legislação, mas também no respeito ao meio ambiente em geral. O autor ressalta que algumas empresas possuem seus processos inteiramente voltados ao lucro e produtividade, de forma a negligenciar a gestão ambiental e seus conceitos, mas que tais exemplos estão fadados ao desuso, pois além da prática obrigatória do desenvolvimento sustentável, o mesmo serve como marketing positivo de seus produtos para potenciais clientes.

Com a demanda por sustentabilidade, surgem ferramentas de gestão capazes de auxiliar o crescimento da empresa e proteção ambiental ao mesmo tempo. A norma ISO 14001 proporciona gerenciamento eficaz e é a mais empregada atualmente. Sua estrutura consiste em um ciclo de melhoria contínua envolvendo o planejamento, realização, checagem e ação, ou do inglês *Plan, Do, Check, Act*, (PDCA). No Brasil, essas normas são regulamentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o conjunto de normas ISO 14000 são separados por vários subcomitês, sendo que o subcomitê 5, que trata das normas relacionadas com a análise do ciclo de vida do produto é o que será abordado neste trabalho.

A norma ISO 14040 estabelece procedimentos para avaliação dos dados ambientais em todas as fases da cadeia produtiva de um produto, abordando os dados de maneira qualitativa e quantitativa. A implantação de um sistema de ACV permite quantificar de forma detalhada os impactos ambientais e assim, tomarem-se medidas efetivas para sua mitigação (GARCIA, 2008).

Rissato (2012) define a Análise de Ciclo de Vida como uma ferramenta de apoio às organizações que necessitam fazer escolhas considerando sustentabilidade ambiental. Assim, a aplicação de ACV permite gestores observar como cada produto

analisado interfere no meio ambiente, desde a extração de matéria-prima até o seu descarte, possibilitando dessa forma, a escolha mais sustentável. O autor defende que companhias que empregam a ACV em seus processos podem melhorar sua produtividade e aumentar sua competitividade por meio do aumento de eficiência na utilização de recursos e minimização de danos ao meio ambiente. Desse modo, a Análise de Ciclo de Vida tem o potencial de aumentar a credibilidade da empresa e criar valor para o acionista devido à disseminação de conceito de desenvolvimento sustentável e consequente marketing positivo.

As técnicas de ACV possuem diferentes aplicações, podendo ser internas, como no caso da utilização do método de análise de ciclo de vida para o desenvolvimento de novos produtos ou otimização de processos e produtos já existentes, de modo a reduzir os impactos ambientais relacionados, além de seleção de indicadores ambientais. De forma externa, as aplicações da ACV se concentram em divulgar ao consumidor e órgãos ambientais melhorias dos aspectos ambientais de seus processos produtivos, bem como comparar as qualidades ambientais com concorrentes (SANTOS, 2011).

As organizações que optam pela aplicação da ACV devem seguir as etapas definidas na norma ISO 14040:

- Definição do escopo e dos objetivos;
- Análise de Inventário;
- Análise de impactos;
- Interpretação.

A primeira etapa diz respeito à definição do escopo e dos objetivos, onde as condições de contorno são definidas, ou seja, as limitações e abrangências dos processos a serem estudados. Após a delimitação do ciclo de vida e do produto, a ACV demanda a coleta de dados de entrada e saída do sistema, desde matéria-prima, energia, água e aspectos ambientais para a elaboração do inventário. A etapa seguinte de análise do inventário identifica a carga ambiental total relacionada a produção de um item (INSTITUTO..., 2008).

Já na fase de análise de impactos, os aspectos ambientais de entrada e saída nos processos são classificados e caracterizados de acordo com a metodologia adequada, visando identificar áreas prioritárias de minimização de impactos potenciais e comparações necessárias com outras áreas relevantes. Por fim, a interpretação reúne dados das etapas anteriores e da literatura a fim de fornecer

informações úteis aos administradores de determinada organização referentes aos impactos ambientais e como minimiza-los (INSTITUTO..., 2008).

Devido a sua importância e versatilidade, a ACV tem sido aceita como uma ferramenta multifuncional, podendo ser utilizada também para rotulagem ambiental, melhoria ambiental do produto e dentre outros. Conseqüentemente, aumenta o número de *softwares* que vem sendo desenvolvidos para auxiliar a aplicação dessa técnica por meio de bancos de dados, os quais estão disponíveis para compra ou até mesmo desenvolvidos para indústrias específicas e não estão à venda (SANTOS, 2008).

Uma das áreas de aplicação é a do setor madeireiro, onde Zoldan (2008), em sua pesquisa, analisou os requisitos organizacionais para a aplicação da ferramenta ACV, com base na norma ISO 14040, em uma empresa de médio porte, mas que não possuía certificação ambiental. Valendo-se de questionários e visitas técnicas, o autor elaborou os principais fluxos de processos e entradas e saídas, tanto de matéria-prima quanto de energia. A elaboração do Inventário de Ciclo de Vida (ICV) é a parte crucial do projeto e providencia organização e padronização dos dados existentes na empresa, de forma a permitir a adequação de processos e melhorias ambientais. O autor ressalta que à época, a maioria das empresas paranaenses não possuía certificação e a aplicação da ferramenta de ACV possibilita ganhos ambientais e organizacionais.

De forma similar, Garcia (2008) configura uma ACV para a organização WEG Indústrias sem complicações e define o resultado final como interessante e pertinente resultado para a organização. O autor utiliza as etapas da norma ISO 14041 para a aplicação da análise de ciclo de vida, ao mesmo tempo que utiliza a proposta da ISO 14031 para avaliação de desempenho ambiental. A utilização da análise de ciclo de vida de um processo como uma ferramenta quantitativa pode ser determinante na medida de eficiência de uma organização. Dessa forma, utilizando-se de dados atualizados mensalmente, Garcia utiliza a ACV e os indicadores de desempenho ambiental desenvolvidos para a empresa de forma conjunta e sistematizada, possibilitando melhorias para os processos da empresa.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

Este estudo é aplicado e aborda os dados quantitativamente, pois é o modo que se adapta melhor ao desenvolvimento desta pesquisa, que visa gerar conhecimentos para a aplicação prática de forma a solucionar problemas (SILVA; MENEZES, 2001).

De acordo com Yin (2001), há diversas fontes para a coleta de dados, como documentos, registros em arquivos, entrevistas, observações, dentre outras. Os instrumentos empregados no presente estudo são sistemáticos a fim de organizar as informações e descritos nos próximos tópicos.

Dessa forma, com o objetivo de conhecer os processos produtivos e suas medidas de controle, foi desenvolvido um questionário com perguntas objetivas baseadas na EN ISO 14040:2006 e suas diretrizes, além de visitas técnicas realizadas para observações, entrevistas e verificações de arquivos de interesse. As perguntas foram endereçadas aos supervisores e responsáveis pelos processos da empresa conforme o tema do estudo.

### **4.2 OBJETO DE PESQUISA**

A pesquisa visou a aplicação da norma EN ISO 14040:2006 de avaliação de ciclo de vida de uma autoclave produzida por uma empresa de biossegurança da região de Campo Mourão-PR, que possui certificações nas normas ABNT NBR ISO 9001 e ABNT NBR ISO 14001, de forma que a mesma é ativa quanto à proteção do meio ambiente e minimização de impactos ambientais, principalmente quanto ao aspecto de geração de resíduos sólidos.

A organização foi fundada em 1991 e é líder em vendas de autoclaves de mesa no mercado nacional e exporta parte de sua produção para mais de 30 países.

A Cristófoli Equipamentos de Biossegurança fabrica equipamentos funcionais com sistemas diferenciados, com sede localizada no município de Campo Mourão, Paraná (CRISTÓFOLI, 2015).

A empresa conta com um quadro de cerca de 100 funcionários distribuídos entre colaboradores, gerentes e alta administração, além de ser dividida em setores administrativos, ferramentaria, produção e embalagem. Aparte de autoclaves, também são produzidas cubas plásticas, seladoras e embalagens, indicadores para testes de esterilização, mini-incubadoras, destiladores e dentre outros. As autoclaves, foco principal de investigação neste trabalho, são produzidas em diferentes tamanhos e capacidade, medidas em litros, para atender principalmente o mercado odontológico e de estética.

### **4.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

Primeiramente, foram definidos o objetivo e o escopo do projeto, conforme os requisitos da norma EN ISO 14040:2006. Dentre os diversos itens produzidos pela empresa, foi selecionada como escopo desta pesquisa a autoclave considerada como o “carro-chefe” do portfólio da empresa, a autoclave modelo Vitale Class CD 12 Litros, definido em conjunto com a alta administração em visitas ao empreendimento. Adicionalmente, o objetivo, de acordo com a norma, foi obter informações a respeito dos possíveis impactos ambientais do produto em questão ao longo do seu ciclo de vida, de modo a disponibilizar tais resultados à empresa.

Para assegurar o sucesso do estudo, foi necessário estabelecer as fronteiras do sistema, que foram divididas em dois inquéritos. Em um primeiro momento, o estudo foi realizado abrangendo somente “do portão ao portão”, que são os impactos causados pelas atividades dentro da empresa. Já a segunda análise estabeleceu-se com base em um ciclo fechado, ou seja, “do berço ao berço” com a reintrodução de matéria-prima reaproveitada no processo produtivo.

Para tanto, foi necessário assumir alguns pressupostos, como:

- A unidade de referência para o método utilizado é igual a uma unidade de autoclave produzida.

- As informações utilizadas neste trabalho foram obtidas preferencialmente de fontes primárias – questionários aplicados. Em relação às informações que não foram possíveis adquirir desta forma, foram utilizados dados provenientes da base de dados do *software Thinkstep GaBi®* para descrever etapas situadas a montante e jusante do processo.

- Os materiais componentes da autoclave foram resumidos em Aço, borracha e plástico, por apresentarem mais de 95% do peso de composição da mesma.

- A quantidade de água consumida e resíduos sólidos gerados foi adotada de acordo com uma média ponderada da empresa toda por unidades de autoclave produzida, visto que durante a produção não é utilizado água, mas outras funções administrativas, de estoque e ferramentaria utilizam e são essenciais ao funcionamento da empresa e venda de produtos.

- A água utilizada é proveniente da rede pública de abastecimento e os dados de eletricidade são de acordo com a matriz energética brasileira.

- Em relação a análise de transporte, foram considerados caminhões-baú (leves) em estado seminovos, movidos a diesel e que percorrem em média 100km para distribuição dos equipamentos.

Em seguida, elaborou-se o Inventário de ciclo de vida (ICV), que é um processo iterativo e que envolve procedimentos de coleta de dados para quantificação dos fluxos de entradas e saídas na fase de produção do item estudado (INSTITUTO..., 2008). Portanto, a coleta de dados foi dividida em três etapas. A primeira etapa foi constituída de visitas técnicas suficientes para familiarização do setor e processo produtivo. Já em relação a segunda parte, aplicou-se o primeiro questionário e, a terceira etapa foi constituída da consequente aplicação do segundo questionário e compilação de dados, para assim, concluir a pesquisa.

O primeiro questionário objetivou obter conhecimento sobre os processos produtivos de autoclave da empresa e procedimentos e metas deste estudo. Assim, as entradas e saídas do processo de produção do produto e a eficiência do processo foram verificados, incluindo emissões atmosféricas, efluentes líquidos e outros aspectos ambientais (INSTITUTO..., 2008). Posteriormente, o segundo questionário, aplicado aos supervisores e responsáveis, concentrou-se nos diversos cálculos de custos dos processos a fim de analisar as entradas e saídas dos produtos e subprodutos. Adicionalmente, observações diretas durante a coleta de dados e informações também foram utilizadas com o intuito de identificar o controle de

insumos e matérias primas, bem como entrevistas com os responsáveis técnicos referentes ao processo produtivo.

A fase de ICV foi realizada com o auxílio do *software Thinkstep GaBi®*, de forma que as informações quantitativas coletadas nas etapas anteriores serviram de entrada no programa computacional e o mesmo evidenciou resíduos, emissões e efluentes decorrentes de fases do ciclo de vida do produto que não puderam ser mensuradas *in loco*, por meio de extenso banco de dados proveniente de informações verificáveis e confiáveis, conforme metodologia adaptada de Assis (2009).

Já na fase de avaliação dos impactos ambientais, foram utilizadas as informações obtidas a partir do ICV para elaboração de matriz de aspectos e impactos ambientais de acordo com metodologias adaptadas de Moreira (2001) e Seiffert (2009). Os impactos foram analisados conforme os seguintes itens:

- CLASSE (C): Referente à natureza do impacto (positiva ou negativa).
- SEVERIDADE (S): De acordo com a magnitude do dano, podendo ser reversível a curto prazo, reversível a longo prazo e irreversível.
- ABRANGÊNCIA (A): Área impactada, pode ser representada por um setor, dentro ou fora da instituição.
- FREQUÊNCIA (F): Ocorrência do impacto, sendo contínua, moderada ou rara.
- IMPORTÂNCIA (I): Representa o grau de significância do impacto. É determinada pelo produto da classe, severidade, abrangência e frequência.
- SIGNIFICÂNCIA (S): definição do impacto como significativo ou não significativo.

Dessa forma, cada item assume valores de acordo com as características do impacto, conforme apresentados no Quadro 1 para posterior elaboração da matriz de aspectos e impactos propostas, conforme Quadro 2.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		VALOR
CLASSE (C)	Positivo	1
	Negativo	3
SEVERIDADE (S)	Reversível a curto prazo	1
	Reversível a longo prazo	2
	Irreversível	3
ABRANGÊNCIA (A)	No setor	1
	Na empresa	2
	Fora da empresa	3
FREQUÊNCIA (F)	Contínua	3
	Moderada	2
	Rara	1
IMPORTÂNCIA (I)	$I = C \times S \times A \times F$	
SIGNIFICÂNCIA (S)	Não significativo	$I < 30$
	Significativo	$I \geq 30$

Quadro 1– Critérios de Avaliação da Matriz de Aspectos e Impactos Ambientais  
Fonte: Adaptado de Moreira (2001) e Seiffert (2009).

MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS								
			RESULTADOS					
Atividade	Aspecto	Impacto	Classe	Severidade	Abrangência	Frequência	Importância	Significância

Quadro 2 – Modelo de Matriz de Aspectos e Impactos Ambientais  
Fonte: Adaptado de Moreira (2001) e Seiffert (2009).

De posse dos dados necessários, a interpretação do ciclo de vida do produto foi a fase final do procedimento de ACV e se deu conforme critérios da EN ISO 14040:2006. As informações obtidas foram reunidas e discutidas com apoio na literatura visando conclusões e recomendações, considerando o objetivo e escopo estabelecidos.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS DOS QUESTIONÁRIOS**

#### **5.1.1 Informações Obtidas no Questionário “A”**

O questionário A (Apêndice A), foi composto de 28 perguntas respondidas pela coordenadora dos sistemas de gestão da empresa e responsáveis do setor de logística, de forma que os resultados foram apresentados nos seguintes tópicos: Caracterização da empresa, Logística da empresa e Gestão de resíduos na empresa.

##### **5.1.1.1 Caracterização da empresa**

A empresa foi fundada em 1991 por influência familiar e atua, desde então, no ramo de biossegurança. Atualmente, a mesma conta com pouco mais de 100 funcionários para manter suas atividades nos diversos setores produtivos e administrativos, distribuídos nos seguintes níveis: Conselho Administrativo, Gerências e funcionários.

A organização possuía uma filial, desativada cerca de um ano atrás, portanto, no momento do estudo, todas as atividades eram concentradas apenas na matriz. As funções de transporte e coleta de resíduos são terceirizadas, enquanto o restante é realizado por funcionários devido à relevância das funções no processo produtivo.

Todas as licenças necessárias para o funcionamento da empresa estão regularizadas, incluindo a Licença de Operação, emitida pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), além das certificações ISO 14001, ISO 9001, ISO 13485 (Dispositivos Médicos) e RDC-16 da Anvisa.

Já em referência à segurança e à preservação da saúde dos funcionários, a empresa fornece os equipamentos de proteção individual, de acordo com as atividades desenvolvidas por cada funcionário: óculos de segurança, luvas, abafador auricular, sapatos de proteção, vestimentas de trabalho, máscaras filtro de pó, protetores em equipamentos, extintores e área restrita a funcionários.

Observou-se que os equipamentos e máquinas utilizados são novos e sua manutenção é realizada de forma preventiva. Durante os processos produtivos há uma separação dos produtos fabricados, como também dos resíduos, de forma a organizar planejadamente os setores.

#### 5.1.1.2 Logística da empresa

A logística interna foi planejada de forma a otimizar a distribuição da matéria-prima e o deslocamento dentro da empresa. A movimentação de produtos dentro da organização conta com empilhadeiras próprias e a expedição de produtos finais é terceirizada, onde mais comumente são utilizados caminhões-baú e carros utilitários em estados seminovos, onde a logística é planejada de forma a diminuir gastos com transporte e impactos ambientais decorrentes da utilização de combustíveis fósseis. O transporte internacional utiliza contêiner por vias marítimas, por ser o método mais barato e menos impactante ambientalmente.

Os resíduos gerados nos processos são transportados dentro da empresa manualmente ou com auxílio de empilhadeiras, quando necessário, e posteriormente armazenados em local coberto e próximo à saída para facilitar a coleta por parte da empresa terceirizada, bem como da coleta pública nas ruas. Os produtos não ocasionam vazamentos nem resíduos contaminantes, pois não há materiais componentes do produto que se enquadram nessa categoria, além de um controle de resíduos em função do sistema de gestão ambiental. Portanto, seu transporte é fácil e necessita pouca estrutura.

### 5.1.1.2 Gestão de resíduos na empresa

A empresa procura sempre utilizar produtos menos agressivos ao meio ambiente, seja nos componentes da autoclave ou nos demais materiais necessários ao funcionamento da empresa, de forma que o controle e manejo de resíduos é facilitado. Os resíduos são separados por classe de utilização no momento da geração dos mesmos, e posteriormente armazenados adequadamente dentro das edificações até a destinação final. Os resíduos sólidos são acondicionados em diferentes boxes do lado de fora das instalações, enquanto os efluentes líquidos situam-se em um tanque-galão no local, protegido por canaletas para evitar transbordo.

A organização possui metas estabelecidas de redução de consumo de água e energia elétrica, além de um controle e quantificação dos resíduos gerados, visto que a mesma deve se reportar ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Dessa forma, há constante monitoramento de consumo de água e energia, além dos resíduos gerados.

O Quadro 3 apresenta os tipos resíduos gerados na empresa de acordo com seus modos de mensuração, além do método de recolha dos mesmos.

<b>Resíduos gerados e seus métodos de recolha</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Unidade</b>	<b>Coleta</b>
Purga do Compressor	Kg	Terceirizada
Óleo do Torno	Kg	Terceirizada
Tinta da embalagem esterilizada	Kg	Terceirizada
Pilhas	Kg	Terceirizada
Lâmpadas	Kg	Terceirizada
Instapak	Kg	Terceirizada
Isopor	Kg	Terceirizada
Demais Resíduos sólidos	Kg	Coleta Municipal

**Quadro 3 - Resíduos gerados na empresa e seus respectivos métodos de recolha**

Fonte: Pesquisa na empresa.

### **5.1.2 Informações Obtidas no Questionário “B”**

O questionário B (Apêndice B) objetivou o levantamento de dados e aplicação da ferramenta ACV na empresa em questão nos seguintes setores: Ferramentaria, Produção e Embalagem. Foram 16 questões que envolviam os conceitos de fluxos de entrada e saídas dos processos produtivos, de forma a possibilitar a análise do inventário.

#### **5.1.2.1 Gestão dos insumos de entrada e saída**

Os pedidos solicitados pelos clientes e confirmados são controlados por tipo de produto, valendo-se de um programa próprio de processo informatizado. Assim, a matéria-prima de entrada é controlada por meio de inspeção de amostragem, devido ao grande volume de materiais. Em relação à expedição de produtos acabados, os mesmos são organizados por lote e classificados por litragem (capacidade do produto).

#### **5.1.2.2 Entradas e saídas de materiais**

Os principais produtos e resíduos, utilizados e gerados, nos principais processos produtos da empresa estão apresentados no Quadro 4:

<b>Ferramentaria</b>	
<b>Produtos</b>	<b>Resíduos</b>
Aço	Óleo do torno Purga do Compressor
Alumínio	
Óleo lubrificante	
<b>Produção</b>	
<b>Produtos</b>	<b>Resíduos</b>
Adesivo Químico	Resíduos de Instapak Tinta da embalagem esterilizada
Bomba hidráulica	
Circuito elétrico	
Ecothiner SIV 305	
Instapak	
Lã de Vidro	
Papelão	
Peças de Aço	
Peças de Alumínio	
Peças de Borracha	
Peças de Plástico	
<b>Embalagem</b>	
<b>Produtos</b>	<b>Resíduos</b>
Isopor	Isopor
Papelão	Papelão
Plástico	Plástico

**Quadro 4 - Produtos e Subprodutos da produção da autoclave**

Fonte: Pesquisa na empresa.

No setor de ferramentaria, as entradas são mensuradas por peso, enquanto as saídas são de acordo com número de peças produzidas e em m<sup>3</sup>, no caso dos resíduos. Já no setor de produção, a matéria-prima é medida diferentemente, de acordo com o material, podendo ser em: unidade, metro e quilograma e os subprodutos em quilograma. Na área de embalagem, tanto os produtos quanto os subprodutos são pesados e controlados por quilograma.

O controle de consumo de água e energia é realizado para a empresa como um todo por determinados períodos de tempo, de modo que há metas de redução de ambos. No entanto, não há mensuração de consumo de energia e água por setores, nem por equipamentos.

## 5.2 APRESENTAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

### 5.2.1 Fluxos de processos

Na etapa de elaboração do inventário do ciclo de vida de um produto, é necessário conhecer o fluxo dos processos produtivos e suas etapas, onde tudo que serve de entrada e de saída do sistema deve ser fracionado, além de observar o fluxo de energia, que deve ser também quantificado em unidade de energia. O sistema produtivo da Autoclave Vitale Class CD pode ser dividido em três etapas: Usinagem de peças, Produção e Embalagem.

De acordo com esta distribuição, o fluxo de entradas e saídas da Usinagem de peças no setor de Ferramentaria pode ser observado na Figura 1.

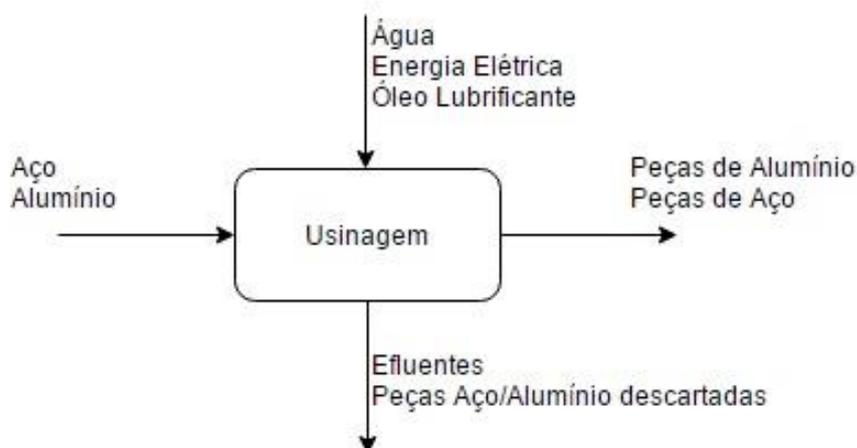
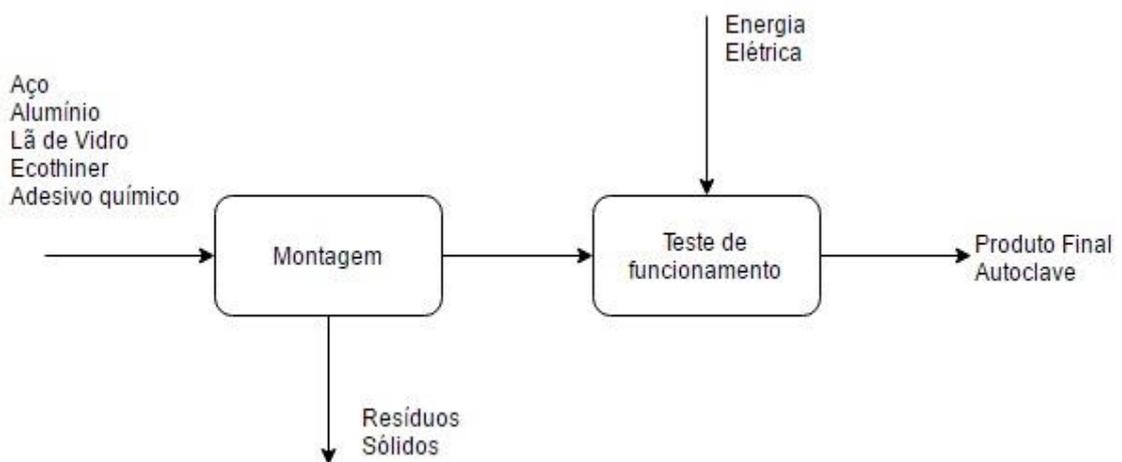


Figura 1: Fluxo de usinagem de peças.  
Fonte: Autoria própria

Neste fluxo, as principais entradas são os materiais brutos de aço e alumínio a serem submetidos à ação de máquinas e/ou ferramentas para serem moldados e resultarem em peças que serão utilizadas nos processos produtivos seguintes. Neste processo, o uso de energia elétrica de alta voltagem é primordial para o funcionamento dos tornos mecânicos e automatizados, além da utilização de água e óleo lubrificante. Os efluentes englobam águas residuárias contendo óleo dos tornos e purga dos compressores.

Em relação ao processo de produção, a Figura 2 apresenta o fluxo de entradas e saídas para visualização do processo de fabricação das autoclaves.



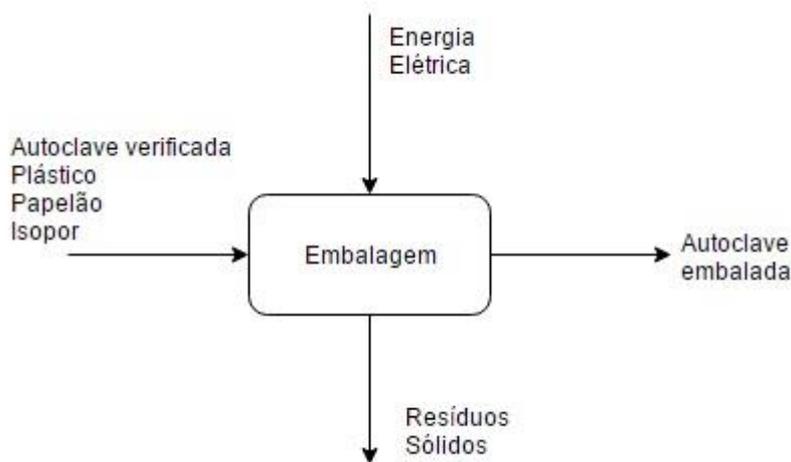
**Figura 2: Fluxo de produção de autoclaves.**  
**Fonte: Autoria própria**

Neste fluxo, a matéria prima é proveniente do estoque e composta principalmente de peças de aço, alumínio, lã de vidro, Ecothiner e Adesivo químico, além de borracha para vedação e Instapak como molde e suporte para embalagem. Os materiais de entrada são utilizados por colaboradores para montagem manual da autoclave de forma que alguns resíduos sólidos são gerados na forma de peças defeituosas e/ou rejeitos. Após a fabricação, as autoclaves são verificadas utilizando energia elétrica.

A empresa registra a quantidade de autoclaves produzidas e as separa por lote e número de série, onde é utilizado o Instapak como suporte para embalagem e

proteção das mesmas durante o transporte e então direcionadas ao setor de embalagem.

Neste último setor o processo de embalar o material é simples, de forma que é apresentando o fluxo de entradas e saídas na Figura 3.



**Figura 3: Fluxo de embalagem de autoclaves.**  
**Fonte: Autoria própria**

O produto final é preparado e organizado para expedição. São utilizadas caixas de papelão com plástico e isopor dentro para proteção do equipamento durante o transporte. Assim, os resíduos gerados são cortes e rejeitos dos materiais supracitados.

### 5.2.2 Cálculo de Dados

A quantificação dos impactos ambientais foi possível devido a utilização do *software* e sua extensa base de dados. Os dados de entrada e saída foram utilizados de acordo com os fluxogramas apresentados anteriormente, de forma que a composição dos materiais da autoclave foi a seguinte: 15,4 kg de partes de metal

(aço), 02 kg de partes de plástico, 01 kg de componentes de borracha. Essa composição foi simplificada por motivos didáticos e por que tais componentes representam mais de 90% da estrutura da autoclave que pesa 18,4 kg. Também foram consideradas como entradas a energia elétrica (10 KW/autoclave produzida), a utilização de aproximadamente 1,14 kg de papelão (embalagem) e 40,4 kg de água (a organização quantifica os líquidos por peso, a mesma medida dos sólidos, por questões de gestão e legislação), onde esse valor é o rateio da água utilizada por todos os setores por número de autoclaves produzidas.

Já os fluxos de saída foram adotados como a autoclave de 18,4 kg, resíduos sólidos 1,14 kg e efluentes sanitários 40,4 kg. Adicionalmente, foram computados a utilização de caminhões-baú pequenos e movidos a diesel, com média de 100 quilômetros de deslocamento para distribuição dos produtos finais.

A vantagem de utilização do *software* é a estimativa de impactos apresentada de acordo com a base de dados. Assim foi possível quantificar também os impactos ocasionados pela utilização da autoclave (uso de energia elétrica) para a vida útil de 10 anos da mesma para uma análise de um sistema aberto, ou seja, sem a utilização de materiais reciclados na cadeia de produção.

Em um segundo momento, a título de comparação e sugestões de melhoria, também foram adicionadas ao programa computacional a disposição final do produto (considerando-se apenas o aço) e a reciclagem do mesmo, e posterior utilização no início do processo produtivo do “berço ao berço” (ciclo fechado), o que resultou em impactos positivos no meio ambiente, conforme serão apresentados e discutidos no tópico de interpretação da ACV.

### 5.3 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

As atividades e operações desenvolvidas pelo empreendimento, objetivando a produção de autoclaves, foram estudadas de forma a identificar os resíduos sólidos e líquidos gerados, além de mensurar o consumo de água e energia elétrica. De posse dessas informações, foi possível elaborar a matriz de aspectos e impactos ambientais dessas atividades, conforme apresentado no Quadro 5.

MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS								
Atividade	Aspecto	Impacto	RESULTADOS					
			Classe	Severidade	Abrangência	Frequência	Importância	Significância
<b>Usinagem</b>	<b>Geração de resíduos</b>	Poluição do solo	3	2	3	1	18	NS
		Redução da vida útil do aterro sanitário	3	2	3	3	54	S
<b>Produção</b>		Proliferação de vetores	3	1	1	3	9	NS
		Poluição visual	3	1	1	1	3	NS
<b>Atividades Administrativas</b>		Poluição de recursos hídricos	3	2	3	2	36	S
	<b>Consumo de água</b>	Decréscimo da disponibilidade hídrica	3	2	3	3	54	S
<b>Uso de Sanitários e cozinha</b>	<b>Consumo de energia elétrica</b>	Decréscimo de recursos naturais disponíveis	3	2	3	3	54	S
		Desequilíbrio de ecossistemas	3	2	3	1	18	NS
		Ampliação de áreas alagadas para construção de hidrelétricas	3	2	3	1	18	NS

Quadro 5 - Matriz de avaliação de aspectos e impactos ambientais.

Legenda: S – Impacto Significativo; NS- Impacto Não Significativo.

Fonte: Autoria própria.

A matriz de aspectos e impactos ambientais desenvolvida permite a observação dos impactos ambientais significativos, que são resultantes das operações executadas dentro da organização, de forma a ser possível prever e minimizar o dano ambiental causado.

Foram observados nove impactos ambientais, sendo cinco deles considerados não significativos: poluição do solo, proliferação de vetores, poluição visual, desequilíbrio de ecossistemas e ampliação de áreas alagadas para construção de hidrelétricas. Os outros quatro impactos foram considerados significativos, sendo eles: redução da vida útil do aterro sanitário, poluição de recursos hídricos, decréscimo de disponibilidade hídrica e decréscimo de recursos naturais disponíveis.

O parâmetro classe foi classificado como negativo para todos os impactos ambientais, pois nenhum deles acarretava benefícios ao meio ambiente.

Já o critério severidade, que analisa a dimensão do dano causado, foi diagnosticado como reversíveis apenas em longo prazo para os impactos considerados significativos enquanto para os impactos não significativos, a severidade foi classificada como reversível a longo prazo para os impactos desequilíbrio de ecossistemas e ampliação de áreas alagadas para construção de hidrelétricas, além de classificada como reversível a longo prazo para os casos de poluição visual e proliferação de vetores.

Em relação a abrangência dos impactos ambientais, a maioria foi diagnosticada com nota máxima devido aos seus efeitos negativos poderem atingir geograficamente uma região fora da empresa. Os únicos impactos classificados com nota mínima foram a poluição visual e a proliferação de vetores, pois a disposição de resíduos dentro do setor pode ocasionar tais efeitos apenas no local em que os resíduos são descartados.

A avaliação da frequência em que os impactos ambientais ocorrem foi decisiva para a classificação de efeitos significativos e não significativos. Os critérios classificados com frequência máxima atingiram pontuação necessária para serem diagnosticados como impactos significativos, com exceção da proliferação de vetores. O critério poluição de recursos hídricos foi classificado como frequência moderada, pois a disposição inadequada de resíduos sólidos ou efluentes ocasionais pode contaminar águas superficiais e subterrâneas e ainda sim foi classificado como impacto significativo.

A importância dos impactos foi verificada de acordo com o produto dos critérios classe, severidade, abrangência e frequência. Dessa forma, os valores maiores que 30 foram classificados como impactos significativos, enquanto os inferiores são não significativos. Embora todos os impactos diagnosticados sejam

negativos em relação ao meio ambiente e recursos naturais, a metodologia utilizada para avaliação tem como objetivo priorizar os impactos críticos e que devem ser priorizados em ações e planos de controle e minimização.

## 5.4 INTERPRETAÇÃO DA ACV

### 5.4.1 ACV para Processo do “Portão ao Portão”

Os impactos ambientais diretos e indiretos, resultantes da produção de um exemplar do produto analisado, foram calculados com o auxílio do programa computacional, que possui uma extensa base de dados, e são apresentados a seguir, na Tabela 1.

Os efeitos negativos mais relevantes foram as águas residuárias, que juntas correspondem por 26264,3 toneladas, e as emissões atmosféricas de 546 toneladas.

Tabela 1 – Impactos ambientais por autoclave do “portão ao portão”

<b>Impactos Ambientais/Autoclave produzida</b>	
Saídas	Kg
Materiais depositados	35500
Emissões atmosféricas	546000
Efluentes para águas doces	26200000
Efluentes para águas marinhas	64300
Resíduos em solo agrícola	0
Resíduos em solo industrial	0,023

Fonte: Autoria própria.

Os valores de efluentes são, principalmente, da quantidade significativa de água considerada como essencial para a produção da autoclave, por que, apesar de, a produção da mesma não utilizar água, a empresa necessita para outras funções que em geral são essenciais também para a produção e venda dos produtos finais. Já as emissões atmosféricas são principalmente devidas ao uso de

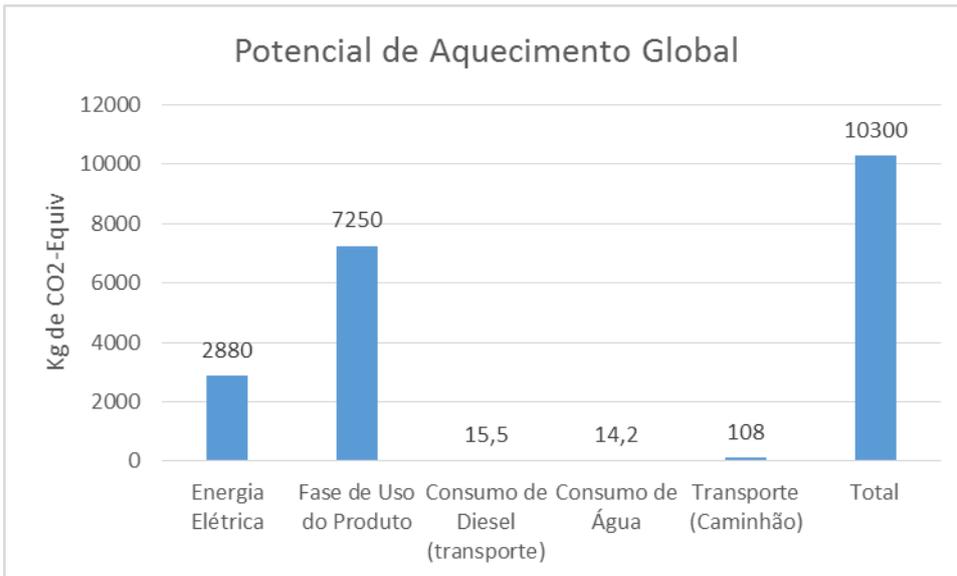
energia elétrica, tanto na produção, quanto na fase de uso do equipamento, conforme será abordado nos próximos tópicos.

Os efeitos adversos foram desmembrados em indicadores específicos para quantificação e comparação, sendo eles: Potencial de Aquecimento Global, Potencial de Destruição da Camada de Ozônio, Emissões de Material Particulado, Eutrofização de Águas Doces e Depleção de Recursos Hídricos. Dentre eles, destacam-se os indicadores referentes aos recursos hídricos, visto que foram considerados impactos significantes, de acordo com a metodologia do tópico anterior.

Uma das informações importantes que o *software* apresenta é o Potencial de Aquecimento Global em relação a cada unidade de autoclave produzida, já que Créditos de Carbono podem até mesmo ser comercializados, no caso de uma redução de emissões.

Os resultados obtidos demonstram que praticamente toda a emissão indireta de gases CO<sub>2</sub> equivalentes, material particulado, clorofluorcarbonetos (CFCs) de destruição da camada de ozônio, além dos impactos de eutrofização de águas e redução de recursos hídricos são relacionados ao uso de energia elétrica, tanto na fase de fabricação do produto como o uso de energia para o funcionamento do equipamento durante 10 anos de vida útil. No caso dos indicadores de eutrofização e redução de recursos hídricos, o consumo de água durante o processo produtivo também apresenta um impacto ambiental, embora muito menor que o uso de eletricidade. Tais valores podem ser visualizados nos gráficos a seguir.

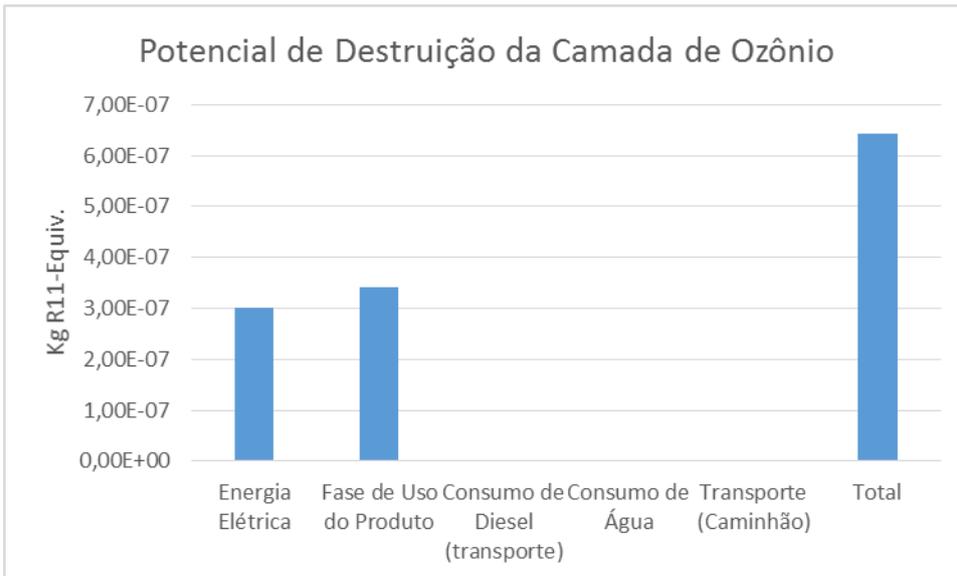
O gráfico 2 permite visualizar o potencial indireto (já que a empresa não possui emissões atmosféricas) relacionado à produção de cada autoclave. Os dois fatores de consumo de energia elétrica combinados correspondem a 10,1 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, o que é praticamente 100% das emissões.



**Gráfico 2– Potencial de aquecimento global**  
**Fonte: Aatoria própria.**

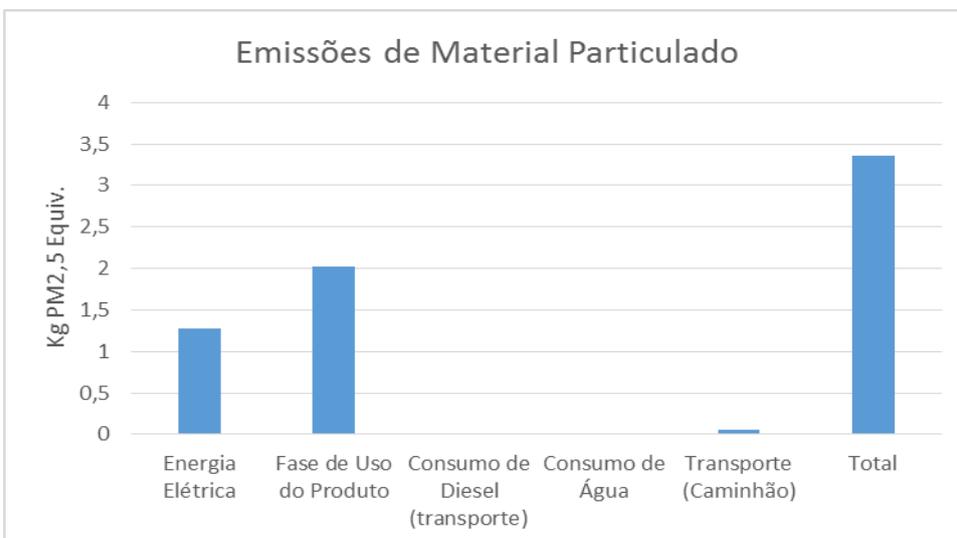
O potencial de aquecimento global é calculado em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (kg CO<sub>2</sub> – eq.) e geralmente considera-se um período de 100 anos em que os gases permanecem incorporados à atmosfera.

A emissão de gases provenientes de atividades antrópicas também influencia na camada de ozônio. Principalmente os óxidos de nitrogênio e os CFCs. A destruição de ozônio favorece também o aquecimento global, além de expor animais e plantas a radiações UV provenientes do sol e diminuir eficiência de plantações. O chamado potencial de depleção da camada de ozônio resulta de um cálculo onde são fixados quantidades de gases CFC emitidos e apresentados em quilogramas R11 equivalente. No trabalho em questão foram obtidos 6,44E-07 kg R11 equivalente para o potencial destruidor.



**Gráfico 3– Potencial de destruição da camada de ozônio**  
**Fonte: Autoria própria.**

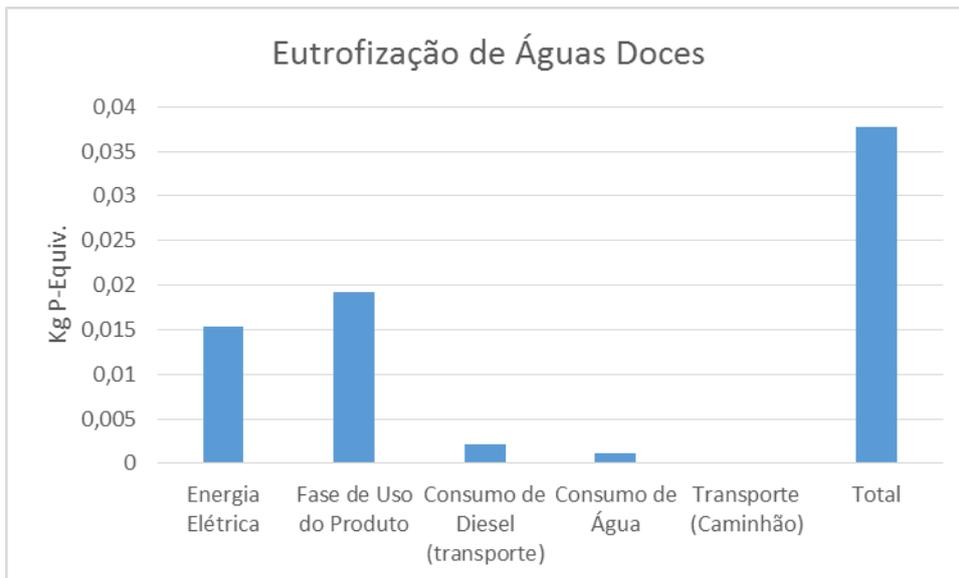
Os materiais particulados presentes no ar também influenciam diretamente a saúde dos seres vivos. Tais substâncias suspensas podem ocasionar doenças respiratórias em seres humanos e animais, além de diminuir a incidência de luz sobre plantas e assim, diminuir a produção de oxigênio e captação de gás carbônico. O total de emissões de material particulado é de aproximadamente 3.4 kg PM 2,5 equivalente, que é a unidade de medida utilizada.



**Gráfico 4– Material particulado**  
**Fonte: Autoria própria.**

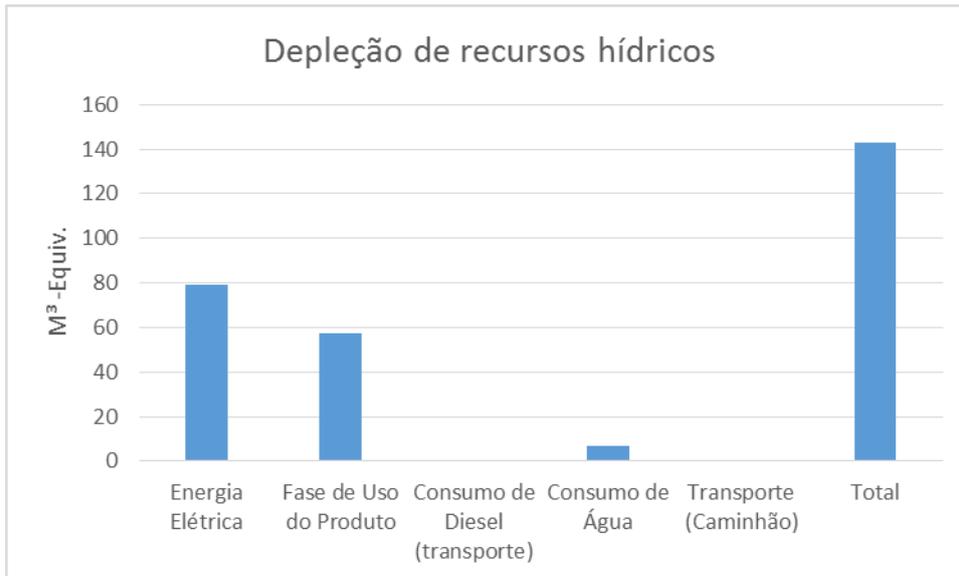
Por fim, alguns dos principais impactos observados nesse estudo são a Eutrofização aquática e a depleção de recursos hídricos devido à quantidade de água utilizada na empresa. Em relação ao primeiro, foram obtidos, ao todo, 0.0377 kg de Fósforo (P) equivalente, sendo apenas 0.00108 kg relacionados ao consumo de água e 0.00215 devidos ao consumo de diesel, o restante é composto pelo uso de energia elétrica.

Já em relação a depleção de recursos hídricos em m<sup>3</sup> equivalentes, o consumo de água na produção do equipamento correspondeu por 6,74 e o total de 143 é composto por 0,148 pelo consumo de diesel e o restante por uso de eletricidade. Os resultados podem ser observados nos Gráficos 5 e 6 a seguir.



**Gráfico 5– Eutrofização de águas doces**

Fonte: A autoria própria.



**Gráfico 6 – Depleção de recursos hídricos**  
**Fonte: Autoria própria.**

Tanto a eutrofização das águas quanto a depleção de recursos hídricos possuem impactos negativos associados à utilização de energia elétrica, principalmente devido a usinas hidrelétricas serem a grande maioria na matriz energética brasileira e seus impactos de enormes alagamentos de áreas verdes. Também causam esses impactos a disposição final de metais e a utilização de materiais não recicláveis.

Sendo assim, algumas ações que a organização pode tomar para diminuir tais emissões e efeitos adversos são o investimento na melhoria de eficiência do produto, de forma a consumir menos energia elétrica e manter metas rigorosas de redução de gastos de energia e água dentro da empresa.

Adicionalmente, sugere-se estudos de viabilidade e utilização de materiais reciclados no processo produtivo da empresa. Tais materiais, se disponíveis e se forem capazes de manter a qualidade do produto e seu funcionamento estável, são capazes de reduzir muito os efeitos negativos no meio ambiente, além da possibilidade de reduzir custos. A análise considerando a reintrodução de aço reciclado no sistema produtivo é chamada do “berço ao berço”, ou sistema de ciclo fechado, conforme adiante.

#### 5.4.2 ACV para Processo do “Berço ao Berço”

Com a utilização de um ciclo de produção fechado, ou seja, onde o material principal – aço é reciclado e reintroduzido na cadeia produtiva, deixa-se de poluir o meio ambiente com 134 toneladas de materiais que seriam depositados, caso contrário. Já em relação às águas residuárias, os valores continuam semelhantes ao ciclo aberto e sugerem-se medidas mitigadoras já discutidas de redução de consumo.

Tabela 2 – Impactos ambientais por autoclave do “berço ao berço”

Impactos Ambientais	
Saídas	Kg
Materiais depositados	-134000
Emissões atmosféricas	434000
Efluentes para águas doces	20200000
Efluentes para águas marinhas	57700
Resíduos em solo agrícola	-0,0015
Resíduos em solo industrial	0,0436

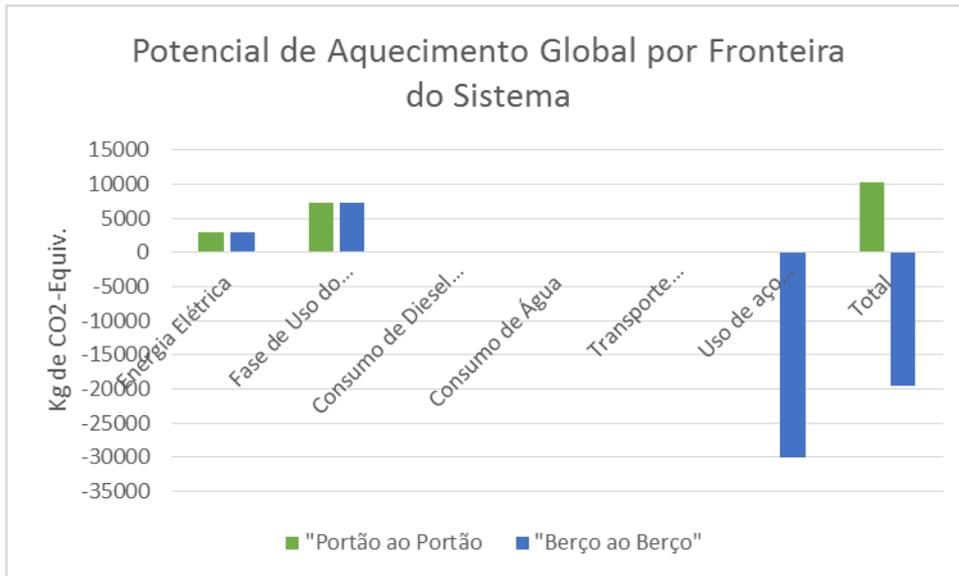
**Tabela 2:**

**Fonte: Autoria própria**

Os fluxos de saídas quantificados como valores negativos referem-se às emissões e resíduos que deixam de serem liberados no meio ambiente devido à reutilização do aço ao final do ciclo de vida, constituindo assim um efeito benéfico ao meio ambiente.

Para comparação, o Gráfico 7 foi elaborado para o potencial de aquecimento global em quilogramas de CO<sub>2</sub> equivalente para os tipos de ciclo fechado e aberto (sem reintrodução de material reaproveitado no processo produtivo).

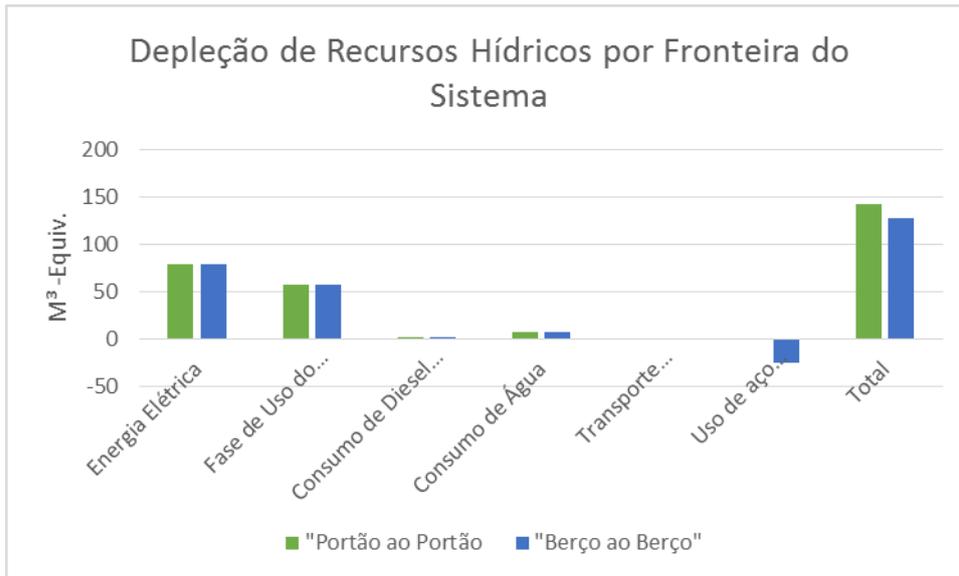
A utilização de aço reciclado em um processo produtivo do “berço ao berço” (ciclo fechado) resulta em um total de -20 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente emitidas, enquanto no outro caso, o total emitido é de 10 toneladas associadas indiretamente ao ciclo de vida de uma autoclave.



**Gráfico 7 – Comparação de potencial de aquecimento global por fronteira do sistema**  
**Fonte: Autoria própria.**

O uso do material reciclado representa, em si, uma economia de 30 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente que, de outra forma, seriam dispersas no meio ambiente por meio da extração, produção e transporte de matéria-prima, além de resíduos.

Da mesma forma, o gráfico a seguir analisa as diferenças relacionadas a redução de disponibilidade hídrica, por ser um dos impactos avaliados como significativos neste trabalho. O total de depleção em m<sup>3</sup> equivalentes para o sistema de produção atual é de 143 m<sup>3</sup>, enquanto para um sistema ideal com a reutilização do aço, o mesmo seria de 128 m<sup>3</sup>.



**Gráfico 8 – Comparação de depleção de recursos hídricos por fronteira do sistema**  
 Fonte: Autoria própria.

Os recursos hídricos, principalmente as águas doces, estão em declínio devido a poluição e alta demanda. Qualquer economia e preservação pode ser muito importante em um futuro próximo. No resultado obtido, a diferença é de 15 m<sup>3</sup> de depleção de água por autoclave produzida, o que representa um valor relevante quando considerado o número de equipamentos produzidos.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho aplicou os requisitos organizacionais da ferramenta de análise do ciclo de vida do produto (ACV), com base na norma EN ISO 14040:2006 para uma indústria de equipamentos biossegurança.

Para tanto, foram definidos o escopo e o objetivo do estudo. O escopo foi a autoclave “carro-chefe” do portfólio da empresa, de modelo Vitale Class CD 12 Litros e o objetivo foi de obter informações dos impactos ambientais diretos e indiretos da produção desse equipamento, bem como do restante do seu ciclo de vida, de forma a disponibilizar tais dados à empresa. As fronteiras do sistema foram definidas em primeira instância como apenas dentro dos portões da empresa e, em seguida, a título de comparação, o ciclo de vida completo do produto.

A identificação dos processos produtivos se deu por meio da aplicação de dois questionários e visitas técnicas. A organização forneceu todos os dados necessários para a aplicação da ACV durante as etapas propostas neste estudo. O acesso ao sistema produtivo foi total, o que possibilitou uma análise mais completa da estrutura e dos fluxos de entradas e saídas para elaboração do inventário de ciclo de vida.

As etapas de produção foram identificadas como: Ferramentaria, Produção e embalagem. E assim, os fluxogramas de entrada e saída construídos foram utilizados como base para a elaboração do inventário. Os principais resíduos identificados foram efluentes contendo óleos lubrificantes na ferramentaria e descarte de peças, além de resíduos sólidos nas demais etapas. O uso de energia elétrica também é uma entrada importante nos fluxos da ferramentaria e produção.

Para o inventário, foram considerados médias de 40,4 kg de água e 10KW de energia consumidas por autoclave, além dos materiais de sua composição básica, que é principalmente de aço. Em seguida, com o auxílio do *software*, foram quantificados os impactos ambientais em fronteiras do “portão ao portão” e do “berço ao berço” decorrentes da fabricação do produto.

Dentre os impactos ambientais avaliados, a redução da vida útil do aterro, a poluição de recursos hídricos, o decréscimo de disponibilidade hídrica e de recursos naturais foram considerados significativos, principalmente devido a sua frequência e abrangência.

No processo de interpretação da ACV, foram identificados, com o auxílio da base de dados do programa utilizado, um total de mais de 26 mil toneladas de águas residuárias e 546 toneladas de emissões atmosféricas decorrentes indiretamente de cada autoclave.

De uma forma geral, a utilização de energia elétrica da matriz brasileira (composta maioritariamente por hidrelétricas) ocasiona emissões atmosféricas e também eutrofização e depleção de recursos hídricos. A quantidade de água utilizada também impacta negativamente o meio ambiente por meio de eutrofização e redução de recursos disponíveis. Obviamente a utilização de aço, plástico e borracha possuem impactos, principalmente emissões atmosféricas indiretas.

Em uma segunda análise, foi considerado a reciclagem de metais ao fim da fase de uso do produto, de forma que tais materiais são incorporados novamente no início do ciclo, de forma a gerar efeitos positivos no meio ambiente por meio de economia de extração, transporte e consumo de novas matérias primas. Nesse caso, foi constatado que possivelmente 134 toneladas de materiais deixariam de ser depositados no meio ambiente em forma de resíduos, além da diminuição de 6 mil toneladas de efluentes lançados e redução de 100 toneladas de emissões atmosféricas.

Tendo isso em vista, é interessante que a organização continue estipulando metas de redução de consumo de energia e, principalmente, de água, além da possibilidade de pesquisa para melhoria de desempenho da autoclave em relação ao consumo de eletricidade para seu funcionamento.

Adicionalmente, o investimento em utilização, durante a produção, de materiais passíveis de reciclagem ao final do ciclo de vida do produto, desde que se mantenha a segurança e qualidade do produto, é uma alternativa interessante do ponto de vista ambiental, devido aos benefícios supracitados.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, Bruno B. **Avaliação do ciclo de vida do produto como ferramenta para o desenvolvimento sustentável**. 2009. 66 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ARTIGOS E EQUIPAMENTOS MÉDICOS, ODONTOLÓGICOS, HOSPITALARES E DE LABORATÓRIOS. **Dados econômicos**. Disponível em: < <http://abimo.org.br/dados-do-setor/dados-economicos/>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 12 abril 2016.

CRISTÓFOLI, **Apresentação da Empresa**. Disponível em <[http://www.cristofoli.com/index.php?route=information/information&information\\_id=4](http://www.cristofoli.com/index.php?route=information/information&information_id=4)>. Acesso em: 25 out. 2015.

DONADON, N.C.; **A gestão estratégica de custos em pequenas e médias indústrias no setor metal-mecânico: Uma visão do desenvolvimento sustentável**. Dissertação de mestrado em desenvolvimento regional e meio ambiente. Araraquara, 2004.

DONAIRE, Denis. Considerações Sobre a Influência da Variável Ambiental na Empresa. **Revista de Administração de Empresas**. v. 8, n.2, p. 68-77, Mar./Abr. 1994.

GARCIA, Conrado L. **Indicadores de desempenho baseados na análise do ciclo de vida de produto: um estudo na Weg Indústrias S.A. – motores**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville, Joinville. 2008.

INSTITUTO PORTUGUÊS DE QUALIDADE, EN ISO 14040. **Gestão ambiental: Avaliação do ciclo de vida – Princípios e enquadramento**. Caparica, 2008.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n.118, p. 189-205, mar. 2003.

MOREIRA, Maria S. **Estratégia e implantação de sistema de gestão ambiental modelo ISO 14000**. Belo Horizonte: Ed Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MORIGI, Josimari B.; SOUZA, Adalberto D. A importância do arranjo produtivo local (APL) da saúde de Campo Mourão – PR como estratégia de desenvolvimento local/regional e fortalecimento das empresas de pequeno porte. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 7., 2012, Campo Mourão. **Anais eletrônicos...** Campo Mourão: EPCT, 2012. Disponível em: <[http://www.fecilcam.br/nupem/anais\\_vii\\_epct/PDF/CIENCIAS\\_SOCIAIS\\_APLICADAS/ADM/04\\_494\\_JmorigiartigoCompleto.pdf](http://www.fecilcam.br/nupem/anais_vii_epct/PDF/CIENCIAS_SOCIAIS_APLICADAS/ADM/04_494_JmorigiartigoCompleto.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2015.

MOURA, Luiz A.A. **Qualidade e gestão ambiental**. 2. ed. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2000.

RISSATO, Leandro B. **Análise de Ciclo de Vida em uma Empresa do Setor Petroquímico**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) – Escola de Engenharia e São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

SANCHEZ, Luiz E. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, Luciano M. M. **Avaliação Ambiental de Processos Industriais**, 4. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

SEBRAE. XI Soldagem Industrial. **A visão de Líderes Industriais Paranaenses**. 2007.

SEBRAE. XVIII Soldagem Industrial. **A visão de Líderes Industriais Paranaenses**. 2014.

SEIFFERT, Mari E. B. **ISO 14001 Sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SESMT – UFMA. **Biossegurança em laboratórios**. Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.

SILVA, Edna L.; MENEZES, Estera M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: UFSC, Laboratório de Ensino à Distância, 2001.

World Commission on Environment and Development - WCED. **Our Common Future**. Oxford University Press, Oxford. 1987.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZOLDAN, Marcos A. **Análise dos Requisitos Organizacionais para a Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos Madeireiros**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa. 2008.

**APÊNDICE A - Questionário de caracterização da empresa e logística**

1. Identificação da empresa

a. Razão Social:

b. Nome fantasia:

c. Ano de fundação

2. Qual foi a motivação para abertura da empresa?

---

---

3. Há quanto tempo a empresa atua no setor?

---

---

4. Localização da empresa

---

---

5. Número de funcionários nos diferentes setores:

---

---

---

6. A empresa terceiriza serviços? Quais?

a. Limpeza

b. Coleta de resíduos

c. Transporte

d. Alimentação

e. Segurança

f. Manutenção

7. A empresa possui estrutura organizacional formal?

a. Como estão distribuídos os cargos em nível estratégico?

---

---

---

b. Como estão distribuídos os cargos em nível operacional?

---

---

---

8. De onde são os fornecedores de suas matérias-primas?

a. Locais

b. Regionais

c. De outro estado

d. De outro país

9. A empresa fornece seus produtos para qual mercado? Qual a porcentagem?

a. Interno

b. Externo

10. Quais os três produtos mais vendidos?

---

---

---

11. Quais produtos são fabricados pela empresa?

---

---

---

12. Quais os principais clientes da empresa e onde estão localizados?

---

---

---

13. Quantos são e de onde são os principais concorrentes?

---

---

---

14. A empresa é fiscalizada por órgãos ambientais com que frequência? Quais são esses órgãos?

---

---

---

---

---

---

15. Quais os certificados de qualidade ou ambiental da empresa?

---

---

---

16. A empresa possui algum tipo de controle de seus documentos legais, como?

- a. Licença de operação do IAP
- b. Cadastro Industrial atualizado
- c. Licença de operação da caldeira (se tiver)
- d. Licença de operação da empresa
- e. Autorização ambiental para destinação dos resíduos
- f. Certificado do corpo de bombeiros

## Logística na empresa

1. É necessário um transporte especial para distribuição dos produtos? Se sim, qual tipo?
  - a. Caminhão Caçamba
  - b. Caminhão Baú
  - c. Carreta
  - d. Empilhadeira
  - e. Outros \_\_\_\_\_
  
2. É necessário o uso de embalagens diferenciadas para o transporte dos produtos?
  - a. Papelão
  - b. Plástico
  - c. PVC
  - d. Outros \_\_\_\_\_
  
3. Podem ocorrer vazamentos ou outro tipo de acidente com componentes líquidos, gasosos ou sólidos durante o transporte dos produtos ou matéria-prima?  
\_\_\_\_\_
  
4. Existe controle para acidentes?  
\_\_\_\_\_
  
5. Quais os meios de transporte utilizados na distribuição dos produtos?
  - a. Rodoviários
  - b. Aéreos
  - c. Marítimos
  - d. Ferroviários
  
6. A empresa realiza o transporte de caminhões sempre com 100% de capacidade?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
7. É possível melhorar a disposição dos produtos para transporte visando otimizar o processo e custos?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
8. A empresa dá preferência para aquisição de matéria-prima de fornecedores mais próximos para diminuição dos custos de transporte?  
\_\_\_\_\_

## Resíduos na empresa

1. Quais os tipos de resíduos gerados e qual o seu destino (Aterro, reciclagem ou incineração)?

---

---

---

---

---

---

---

2. Os resíduos são separados na empresa?

- a. Por classe de utilização
- b. Por valor enegético
- c. Por empresa terceirizada
- d. Pela própria empresa
- e. Separados na geração
- f. Separados após o processo
- g. Outros \_\_\_\_\_

3. Como ocorre a destinação dos resíduos?

- a. Separados e armazenados na empresa
- b. Coletados por empresa especializada
- c. Consumido pela própria empresa
- d. Coleta municipal
- e. Outros: \_\_\_\_\_

4. Os resíduos são armazenados em lugar específico ou destinados logo após sua geração?

---

---

TODAS AS INFORMAÇÕES DISPONIBILIZADAS SERÃO UTILIZADAS EXCLUSIVAMENTE PARA FINS CIENTÍFICOS E NÃO DEVEM SER DIVULGADAS SEM AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA

Pesquisador: Thiago Augusto de Moraes

**APÊNDICE B – Questionário de levantamento dos dados de processos  
produtivos da empresa**

1. Quais ferramentas de gestão são usadas pela empresa?

---

---

---

2. Como são controlados os pedidos confirmados solicitados pelos clientes?

- a. Número da ordem de serviço
- b. Tipo de Produto
- c. Quantidade
- d. Planilha eletrônica
- e. Software de controle
- f. Outros: \_\_\_\_\_

3. A empresa dispõe de controle de processo informatizado?

- a. Planilhas
- b. Programa próprio
- c. Software específico
- d. Outros: \_\_\_\_\_

4. Quais produtos e subprodutos são produzidos pela empresa no processo da autoclave X?

---

---

---

---

5. Como é controlada a entrada de matéria-prima no processo da autoclave X?

- a. Tipo
- b. Volume
- c. Peso
- d. Unidade
- e. Outros: \_\_\_\_\_

6. Como é determinada a expedição de produtos acabados?

- a. Lote
- b. Pedido
- c. Ordem de serviço
- d. Distancia de entrega
- e. Outros: \_\_\_\_\_

7. Como são mensurados ou quantificados os produtos e subprodutos? Existe controle informatizado?

- a. Manualmente (unidade, blocos)
- b. Balança (kg, ton, gr)
- c. Volume (m3)
- d. Sensor no equipamento
- e. Outros: \_\_\_\_\_

8. Quais setores possuem mensuração ou indicador de processo? Quais materiais e unidades? Ex: Serraria – ton/mês

---

9. Qual o consumo médio de água (m<sup>3</sup>/mês) na produção da autoclave X?

---

10. Qual o consumo médio de energia elétrica (Kva/mês) na produção da autoclave x?

---

11. Existe uma meta de redução de energia elétrica/água?

---

12. Há um treinamento para que os funcionários identifiquem os riscos ambientais durante o processamento dos produtos?

---

13. Os resíduos são mensurados em quais processos? E qual unidade de medida usada?

---

14. Existe um inventário de entradas e saídas (ex: matéria-prima x energia x produtos x resíduos) como controle da cadeia produtiva?

---

15. Como a empresa controla o inventário dos produtos? Tem controle de todos os itens envolvidos no processo de transformação em produtos acabado, incluindo energia e resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

---

16. Deste inventário há disponível dados e informação de acordo com a autoclave X?

---

PESQUISADOR: THIAGO AUGUSTO DE MORAIS