



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE - CAA  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

VINÍCIUS BATISTA

**PROPOSTA DE MELHORIAS PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA  
INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

Caruaru

2025

VINÍCIUS BATISTA

**PROPOSTA DE MELHORIAS PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA  
INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**Área de concentração:** Gestão da Produção

**Orientadora:** Prof<sup>ta</sup>. Dra. Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente.

Caruaru

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Batista, Vinícius.

Proposta de melhorias para redução de desperdícios em uma indústria de implementos rodoviários / Vinícius Batista. - Caruaru, 2025.

47 p. : il., tab.

Orientador(a): Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2025.

Inclui referências.

1. Corte e empacotamento. 2. Metodologia 5S. 3. Chapas de aço. 4. Redução de desperdícios. 5. Implementos rodoviários. I. Clemente, Thárcylla Rebecca Negreiros. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

VINÍCIUS BATISTA

**PROPOSTA DE MELHORIAS PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA  
INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 16/04/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristina Pereira Medeiros (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>º</sup>. Dr. José Leão e Silva Filho (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me apoiou e me deu total suporte durante  
minha vida acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus, que me deu o dom da vida e sempre me sustentou nos momentos difíceis. Foi Ele quem me fez chegar até aqui, e tudo isso é por Ele e para Ele. Agradeço também aos meus pais, que sempre me incentivaram e se esforçaram ao máximo para me proporcionar uma educação de qualidade.

Agradeço a meus amigos de caminhada. A Amaro, que foi amigo na vitória e nos perrengues da vida acadêmica. A Marcos Vinícius que foi me levou para fazer a matrícula e me chamava de engenheiro, desde que eu comecei a graduação.

Agradeço também a minha orientadora Thárcylla, pela dedicação em me apoiar para a conclusão, me guiar e tirar todas as dúvidas relacionadas a este estudo.

## RESUMO

Os cortes em chapas metálicas realizados com eficiência contribuem significativamente para a otimização da produção. No setor de implementos rodoviários, o corte dessas chapas deve ser feito com alta precisão, pois representa uma das etapas principais da linha produtiva. A precisão no corte assegura que as peças sejam produzidas conforme as especificações técnicas desejadas. No entanto, além da exatidão, é fundamental que os cortes sejam realizados de maneira eficiente, maximizando o aproveitamento do material. O presente trabalho demonstra como a metodologia de corte e empacotamento pode solucionar problemas relacionados ao corte e ao armazenamento de itens (produtos), tornando-se essencial para a melhoria dos processos em uma organização. Por meio dessa metodologia, é possível garantir que os recursos disponíveis sejam utilizados de forma mais eficiente. O objetivo geral deste estudo é desenvolver uma proposta de melhoria para a redução de desperdícios em uma indústria de implementos rodoviários. Este trabalho apresenta uma abordagem de natureza descritiva e exploratória, com a utilização do estudo de caso. A análise dos resultados segue um método misto, combinando abordagens qualitativa e quantitativa. O uso de um software especializado possibilitou a criação de planos de corte bidimensionais (2D), otimizando o uso do material. Como resultado, a quantidade de chapas necessárias foi reduzida de nove para sete, contribuindo para a diminuição de perdas e o aumento da eficiência produtiva. O 5S também obteve resultados significativos referentes a organização e limpeza do local, bem como a eliminação de atividades que causavam desperdício.

**Palavras-chave:** Corte e empacotamento; Metodologia 5S; Chapas de aço; Redução de desperdícios; Implementos rodoviários.

## ABSTRACT

The cutting of metal sheets performed efficiently contributes significantly to production optimization. In the road equipment manufacturing sector, cutting these sheets must be done with high precision, as it represents one of the main stages of the production line. Cutting precision ensures that parts are produced according to the desired technical specifications. However, in addition to accuracy, it is essential that the cuts are carried out efficiently, maximizing material utilization. This study demonstrates how the cutting and packing methodology can solve problems related to the cutting and storage of items (products), becoming essential for process improvement within an organization. Through this methodology, it is possible to ensure that the available resources are used more efficiently. The general objective of this study is to develop a proposal for improving to reduce waste in a road equipment manufacturing company. This work adopts a descriptive and exploratory approach, using a case study. The analysis of the results follows a mixed method, combining qualitative and quantitative approaches. The use of specialized software enabled the creation of two-dimensional (2D) cutting plans, optimizing material usage. As a result, the number of sheets required was reduced from nine to seven, contributing to the reduction of waste and the increase in production efficiency. The implementation of the 5S methodology also achieved significant results related to workplace organization and cleanliness, as well as the elimination of waste-generating activities.

**Keywords: Cutting and packaging; 5S methodology; Steel sheets; Waste reduction; Road implements.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Procedimentos metodológicos .....	25
Figura 2 – Sobras das Chapas.....	29
Figura 3 – 5S no novo local das sobras.....	30
Figura 4 – Antes e depois do 5'S .....	31
Figura 5 – Tela inicial do Software .....	32
Figura 6 – Definições do Software .....	33
Figura 7 – Opções do aplicativo .....	33
Figura 8 – Plano de corte da chapa de 14 (2mm) .....	35
Figura 9 – Resultados do plano de corte da chapa de 14 (2mm).....	36
Figura 10 – Cortes no plano cartesiano da chapa de 14 (2mm) .....	37
Figura 11 – Explicação dos cortes .....	38
Figura 12 – Plano de da chapa de 1/8" (3mm) .....	39
Figura 13 – Resultados do plano de corte da chapa de 1/8" (3mm) .....	40
Figura 14 – Plano de corte da chapa de 3/16 (4,75mm).....	42
Figura 15 – Resultados do plano de corte da chapa de 3/16" (4,75mm) .....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Peças utilizadas para a fabricação de Baús de série leve .....	27
Tabela 2 – índice de utilização, estoque e desperdício atual.....	27
Tabela 3 – Peso das chapas por espessura.....	28
Tabela 4 – Peças complementares .....	29
Tabela 5 – Índice de utilização, estoque e desperdício proposto.....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

PCP	Planejamento e Controle da Produção
TQM	Gestão da Qualidade Total
NP	Problemas cuja solução pode ser verificada rapidamente
NP-difícil	Problemas tão difíceis quanto os mais difíceis de NP

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	13
1.2	JUSTIFICATIVA .....	15
1.3	OBJETIVOS.....	15
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	CORTE E EMPACOTAMENTO.....	17
2.2	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO .....	18
2.3	GESTÃO DA QUALIDADE .....	19
2.4	METODOLOGIA 5S.....	20
<b>2.4.1</b>	<b>Seiri.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Seiton .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Seisou.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Seiketsu.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Shitsuke .....</b>	<b>22</b>
2.5	ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO.....	22
2.6	PLANO DE CORTE.....	23
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	24
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
<b>4</b>	<b>PROPOSTA DE MELHORIAS PARA UMA INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS.....</b>	<b>26</b>
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA .....	26
4.2	COLETA DE DADOS.....	26
4.3	IMPLEMENTAÇÃO DO 5S .....	28
4.4	UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE.....	31
4.5	PLANOS DE CORTE.....	34
<b>4.5.1</b>	<b>Chapa 14 (2mm).....</b>	<b>34</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Chapa 1/8” (3mm).....</b>	<b>38</b>

4.5.3	Chapa 3/16" (4,75mm).....	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
5.1	CONCLUSÃO.....	43
5.2	LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS .....	45
	REFERÊNCIAS .....	46

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com a alta competitividade no setor industrial, muitas empresas buscam melhorias em seus produtos, com o objetivo de assegurar que sejam fabricados de maneira eficiente e dentro dos prazos de entrega estabelecidos. A eficiência garante à empresa não apenas ganhos em questão de velocidade produtiva, mas também contribui para a redução de desperdícios e, conseqüentemente, proporciona maior controle sobre os custos operacionais.

Na fabricação de implementos rodoviários, a eficiência referente ao aproveitamento de chapas metálicas é um elemento essencial que interfere diretamente em seus processos produtivos, custos e até competitividade. Nesse contexto a metodologia de corte e empacotamento se destaca por ser uma ferramenta matemática que otimiza o uso de recursos e tem como objetivo minimizar custos e desperdícios.

Essa metodologia é bastante citada na literatura como, problemas de otimização de corte e empacotamento. Segundo Vianna (2000), o problema de corte consiste, de forma geral, em dividir unidades maiores (objetos) em unidades menores (itens), buscando otimizar uma função objetivo. Enquanto o problema de empacotamento pode ser compreendido como o processo de alocar unidades menores dentro de unidades maiores, de forma a otimizar uma função objetivo, como o uso eficiente do espaço, respeitando um conjunto de restrições previamente definidas.

O desafio para essa aplicação na indústria fabricante de implementos rodoviários se dá devido as várias restrições do processo, como por exemplo, corte guilhotinado, bidimensional, baixa padronização dos cortes, demanda sazonal. Além disso a falta de eficiência no processo de corte em industrias desse setor podem causar grande desperdício de matéria-prima.

Para superar os desafios citados, o trabalho em questão busca melhorias no corte de chapas metálicas, alcançando assim, a redução dos desperdícios. Através de planos de cortes eficientes o que se espera como um potencial resultado é um melhor aproveitamento das chapas metálicas de aço carbono, minimização dos índices de desperdício, organização no estoque e melhoria na eficiência produtiva. Para a produção desses planos de corte um software vai ser utilizado. As imagens geradas por ele vão facilitar o entendimento da proposta para os stakeholders e para o leitor do estudo.

## 1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A empresa em que o estudo foi realizado, trata-se de uma fabricante de implementos rodoviários ou carrocerias, como habitualmente é nomeado esse segmento. Presentes a 30 anos

no mercado, iniciou suas atividades em Serra Talhada-PE e atualmente conta com sede em São Caitano-PE. Possui com cerca de 100 funcionários e, atualmente, produz vários tipos de implementos, como: baú de vaquejada; carroceria de madeira de grade baixa; carroceria de aço de grade baixa; plataformas, como guincho ou reboque; basculantes, que são as caçambas, e por fim os baús comerciais de carga geral que são divididos entre os baús de série leve e os baús de série pesada. No trabalho em questão, será abordado exclusivamente a produção do baú de carga geral, série leve, que é um dos “carros-chefes” da empresa. Por se tratar de um setor em que as medidas precisam ser bastante precisas, assim como na vivência da empresa, o estudo em questão utilizará o milímetro (mm) e o quilograma (kg) como unidades de medida.

As chapas de aço utilizadas na empresa chegam no tamanho 1200mm x 3000mm e são cortadas para a fabricação dos implementos. Os baús comerciais de carga geral, apesar de seus revestimentos serem de alumínio ou V-90, têm base estrutural feita com chapas de aço carbono de liga A36 e são nelas que o estudo se concentrará. As chapas possuem três principais espessuras: 14 (2 milímetros), 1/8” (3 milímetros) e 3/16” (4,75 milímetros).

As chapas de aço são cortadas na máquina de corte, modelo guilhotina, que possibilita apenas cortes retos, nas direções horizontal, vertical e diagonal. Esses cortes são realizados de acordo com as medidas padrão de cada peça utilizada na fabricação dos baús. O processo de corte conta com dois colaboradores, sendo um deles o responsável pela maneira em que elas são cortadas, e o outro que ajuda no transporte e marcação antes do corte. Embora os cortes sigam uma medida padrão, não há um padrão específico em relação à posição do corte na chapa. O local dos cortes na chapa, interfere diretamente no aproveitamento delas.

Após uma análise inicial, foi constatada uma grande quantidade de sobras de chapas, causadas, principalmente, pela má utilização dessas chapas no processo de corte. As sobras de chapa geram uma grande quantidade de entulho no local destinado ao corte, dificultando a movimentação dos colaboradores, que precisam passar por cima dessas chapas, correndo o risco de acidentes por corte ou devido à proliferação de insetos e outros animais peçonhentos. Além disso, o mal dimensionamento dos cortes das chapas de aço resulta em perdas na produção, e, conseqüentemente, em prejuízos financeiros, já que mais chapas serão utilizadas e as sobras não são reaproveitadas, devido a estarem misturadas em diferentes espessuras e tamanhos.

Em vista dessa análise, é necessária uma metodologia que consiga o corte eficiente dessas peças, para que sejam melhor dimensionadas nas chapas de aço, fazendo com que menos chapas sejam utilizadas no processo, e com a menor quantidade possível de sobras de aço. Mesmo que sejam cortadas peças a mais para estoque, já que a produção atual é feita sob demanda (produção puxada).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Em entrevista inicial feita junto ao dono da empresa, foi verificado que o que mais o incomodava era o fato do desperdício da matéria-prima no processo produtivo. O desperdício no processo produtivo traz consequências no desempenho do sistema, pois são inversamente proporcionais. Segundo Esteves e Moura (2010), em qualquer sistema ou processo existem perdas, pois estão inseridos na produção. Porém, quanto mais significativo for o desperdício, menor será a eficiência do sistema. Ou seja, é de acordo com o nível de perdas ou desperdício que o desempenho do sistema é avaliado. Para um sistema industrial, se destacar entre os seus concorrentes no que se refere a desempenho produtivo e qualidade é necessário voltar a atenção para uma análise detalhada e eficaz dos seus processos, visando eliminar perdas e desperdício.

Dito isto, a justificativa desse estudo se dá através da importância da eficiência e da utilização de uma metodologia tão utilizada como é a de corte e empacotamento, na busca de melhorias na produção utilizando a matéria-prima da melhor forma possível; Redução dos índices de desperdício e conseqüentemente o melhoramento dos lucros da empresa, tendo em vista que o desperdício é de matéria prima e que quanto mais se desperdiça matéria prima mais se compra. A aplicação desse estudo trará também segurança para os colaboradores com a organização do local de trabalho. As melhorias citadas não se referem apenas ao processo produtivo, como também interferem nos resultados globais da empresa e em seus interesses, como por exemplo, crescimento financeiro e da rentabilidade; Engajamento dos colaboradores e inovação, tendo em vista o software que é algo relativamente novo nesse ramo e precisa da colaboração de todos. O software utilizado vai possibilitar a resolução do problema de realocação do local dos cortes na chapa, visando o mínimo de sobras.

No futuro, o estudo em questão servirá para outras empresas do ramo de implementos rodoviários, que apesar de fazerem parte da maior matriz de transporte brasileira, a maior parte das empresas de modal rodoviário não investe em tecnologias ou novas técnicas de otimização em sua produção, um exemplo disso é a baixa quantidade de artigos referentes ao tema desse estudo. Além disso, empresas com foco em caldeiraria e serralheria também poderão se beneficiar com as metodologias aqui apresentadas.

## 1.3 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e os específicos que informam a pretensão de alcance na elaboração do presente trabalho de conclusão de curso.

### 1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma proposta de melhoria para a redução de desperdícios em uma indústria de implementos rodoviários.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar o problema na linha de produção da indústria em estudo;
- Coletar dados sobre a demanda de corte de insumos da produção na indústria em estudo;
- Aplicar a metodologia 5S para melhorar o fluxo operacional na indústria em estudo;
- Selecionar uma linha de produção para conduzir o estudo de melhorias na indústria em estudo;
- Apresentar um plano de corte para a redução de desperdícios na indústria em estudo.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A seguinte estrutura é utilizada para a apresentação do presente trabalho:

- Capítulo 1: Neste capítulo são descritos a Introdução, a descrição do problema a justificativa onde mostra o porquê a realização do estudo e os objetivos gerais e específicos deste trabalho;
- Capítulo 2: Aqui é apresentada a Fundamentação Teórica, realizadas através de pesquisas em artigos, livros que embasam as metodologias aqui utilizadas;
- Capítulo 3: Trata-se da metodologia, a classificação da pesquisa utilizada nesse trabalho e os procedimentos metodológicos utilizados.
- Capítulo 4: Nesse capítulo é apresentada a proposta de melhorias para uma indústria de implementos rodoviários;
- Capítulo 5: Neste capítulo tem-se as considerações finais, com a conclusão do trabalho, as contribuições e limitações do estudo.

Por fim, são listadas as referências científicas consultadas para a elaboração do presente trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este Capítulo apresenta o que a literatura oferece com referência ao tema e a ferramentas utilizadas na realização desse trabalho.

### 2.1 CORTE E EMPACOTAMENTO

O modelo de corte e empacotamento é de suma importância em indústrias que trabalham com materiais em formatos padronizados, como por exemplo, madeira, papel, tecido ou chapas metálicas, que é o caso do estudo em questão. Segundo Silva (2011), os problemas de corte e empacotamento envolvem a divisão de um recurso em partes menores, com base em demandas e tamanhos pré-determinados, visando otimizar funções específicas, como a redução de desperdícios, a diminuição dos custos de produção ou a maximização do lucro.

Detalhando um pouco mais essa definição. Para uma boa aplicação dessa metodologia é necessário que se entenda seus conceitos e princípios, Queiroz (2010) cita que, de acordo com os princípios de empacotamento, é necessário organizar os itens dentro de um recipiente de maneira que eles não se sobreponham e que não ultrapassem as dimensões do recipiente. Já o conceito de "padrão de corte" refere-se a cada configuração possível de divisão de um recipiente, sendo que um padrão homogêneo se caracteriza pela produção de itens de um único tipo, enquanto cortes ortogonais ocorrem quando os itens são obtidos por cortes paralelos aos lados do recipiente. No caso do estudo em questão, os itens são obtidos por cortes paralelos, portanto tem um padrão de corte ortogonal.

Mas existem também outras classificações para os cortes. Queiroz (2010), cita que os cortes podem ser classificados como guilhotinados e não-guilhotinados. Nos cortes guilhotinados, realizados com uma guilhotina, as divisões seguem uma linha reta, paralela a dois lados do recipiente. Um padrão guilhotinado é aquele obtido através de uma sequência de cortes sucessivos feitos com guilhotina. Já os cortes não-guilhotinados não necessitam seguir essa regra. Além disso, os cortes podem ser organizados em estágios, onde cada estágio de corte representa uma sequência máxima de cortes na mesma direção, e a quantidade de mudanças de direção entre os estágios determina o número de estágios necessários para obter o padrão final.

Na empresa em que foi realizado o estudo, é utilizado uma máquina modelo guilhotina, então os cortes são guilhotinados. Além disso, devido a matéria prima ser chapas metálicas (de aço) utiliza-se apenas cortes bidimensionais. O software utilizado projeta os planos de corte apenas em 2D, logo se utiliza a técnica de empacotamento bidimensional, que segundo Martin

et al (2023), O problema de empacotamento de bins (objetos) bidimensional (2BPP) é um desafio combinatório que envolve a tarefa de cortar um conjunto de itens retangulares a partir de recipientes retangulares idênticos, com o objetivo de minimizar a quantidade de recipientes utilizados. E visto que, o empacotamento bidimensional é um modelo mais complexo do que o empacotamento de objetos unidimensional ele também é um NP-Difícil, segundo Garey e Johnson (1979).

Segundo Belluzzo e Morabito (2005), A programação do processo de corte é considerada uma etapa estratégica no planejamento e controle da produção industrial, principalmente devido aos custos elevados relacionados às perdas de material durante o corte.

## 2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

É notório, na literatura, a importância do Planejamento e Controle da Produção (PCP) para as empresas e no modo com elas operam, segundo Slack et al. (2018), a forma como uma operação é projetada define os recursos utilizados na criação de seus produtos e serviços. No entanto, para garantir a entrega contínua desses serviços e produtos, é essencial que a operação planeje e controle suas atividades de maneira eficiente, garantindo que as demandas dos clientes sejam atendidas. Também é importante saber qual o objetivo do PCP. O planejamento e controle da produção têm como objetivo assegurar que a produção ocorra de forma eficiente, garantindo a entrega de produtos e serviços conforme o esperado. Para isso, é essencial que os recursos produtivos estejam disponíveis na quantidade, no momento e com o nível de qualidade adequados (SLACK et al., 1999).

Atualmente a maioria das empresas trabalham sob meta, e para cumpri-las é necessário de um bom planejamento. De acordo com Arozo (2002), o PCP está ligado à coordenação e supervisão das atividades produtivas, com o objetivo de administrar eficientemente os recursos, garantindo que a produção ocorra conforme os cronogramas, custos e padrões de qualidade definidos. Ou seja, através do PCP é possível ter o controle do que será utilizado e quanto e será utilizado. Através dessa supervisão, nada vai ser gasto sem ter sido pré-estabelecido antes.

Hoje em dia, com o mercado aquecido, com grande concorrência no mercado e com clientes cada vez mais exigentes devido a variedade de empresas e vantagens que cada uma oferece, se torna quase impossível se manter na disputa por uma fatia no mercado se a empresa não atender o desejo do consumidor de alguma forma. Com métodos seguros de controle de qualidade, o PCP pode assegurar que os produtos atendam de maneira consistente às exigências e expectativas dos consumidores no que se refere a qualidade.

## 2.3 GESTÃO DA QUALIDADE

Como citado, no final do tópico anterior, para as empresas que buscam seu lugar no mercado de hoje os altos padrões de qualidade se tornaram primordial, em um mercado tão competitivo, a qualidade passou a ser um diferencial. Para Juran e Godfrey (1999), nos últimos anos, a gestão da qualidade deixou de ser vista apenas como o cumprimento de requisitos e especificações, passando a abranger a superação das expectativas dos clientes. Esse conceito envolve não apenas a conformidade dos produtos e serviços, mas a eficiência nos processos essenciais da empresa, como a pontualidade nas entregas e um suporte técnico confiável. Além disso, a busca pela qualidade também está diretamente ligada à redução dos custos decorrentes de falhas e retrabalho.

Em uma indústria de implementos com várias operações que ainda são manuais e que cada peça necessita se encaixar perfeitamente com a outra, os cortes e as dobras precisam ser precisos e em milímetros para a precisão ser maior, a gestão da qualidade é crucial, é preciso haver essa busca por qualidade pois a qualidade pode afetar vários aspectos no desempenho da produção, acarretando em custos para a organização. Além disso o produto pode não atender as expectativas geradas pelo cliente, é necessário que a identificação de qualquer defeito no implemento ocorra antes que o produto saia da empresa para o cliente. Na empresa de implementos onde ocorreu o estudo, o processo de corte é o inicial, onde tudo começa, por isso é a área que merece uma maior atenção, se o problema for solucionado ali mesmo, diminui as chances de passar para o consumidor final. Para Slack et al. (2018), inicialmente, a qualidade era garantida por meio da inspeção, para identificar defeitos antes que fossem percebidos pelos clientes. Com o tempo, através da evolução, o conceito de controle de qualidade, passou-se a adotar uma abordagem mais sistemática não apenas para identificar, mas também para solucionar-los.

Porém a gestão da qualidade passou a ter um conceito do “todo”, através da gestão da qualidade total (TQM), então não envolve um setor ou atividade específica, mas sim, de toda a empresa. Segundo Slack et al. (2018), a TQM foi uma das primeiras tendências modernas na administração, atingindo seu auge entre o final da década de 80 e o início dos anos 90. Nos últimos anos, passou por ajustes, mas seus princípios ainda são amplamente utilizados para estruturar melhorias operacionais.

A TQM é “um sistema eficaz para integrar o desenvolvimento, a manutenção e os esforços de melhoria da qualidade de vários grupos em uma organização, de modo a possibilitar a produção e o serviço em níveis mais econômicos que venham a permitir a satisfação plena do cliente”. (Slack et al, 2018).

Nos últimos anos as empresas de destaque no mercado mundial, tem revisado os princípios da gestão da qualidade, ou seja, o foco no cliente, melhoria contínua e o reconhecimento do valor de cada indivíduo (Juran e Godfrey, 1999). E pensando não apenas nas melhorias operacionais, como também no reconhecimento do valor de cada indivíduo, no seu bem-estar, foi decidido focar também, no estudo em questão, na metodologia 5S.

## 2.4 METODOLOGIA 5S

Segundo Lopes (2012), após a segunda guerra mundial, surgiu no Japão, a metodologia 5S com o intuito de melhorar a organização e a limpeza nas fábricas, a metodologia foi oficialmente introduzida no Brasil em 1991. O nome da metodologia vem de cinco palavras japonesas iniciadas com a letra “S”, e na tradução para o português, para preservar a originalidade do termo, foi adicionado o termo “senso de” antes de cada palavra. Nas linhas de produção brasileiras a metodologia foi implementada na década de 1980.

As palavras em Português se tornaram, senso de utilização, senso de ordem, senso de limpeza, senso de saúde e senso de autodisciplina. Porém, para manter a originalidade, serão descritos e explicados melhor abaixo com os termos em japonês:

### 2.4.1 Seiri

No Seiri ou senso de utilização, o objetivo é identificar tudo que é útil durante o trabalho e descartar tudo que pode ser descartado, nesse senso classificamos de acordo com o que é mais ou menos utilizado, se é muito utilizado colocamos mais próximo ao local de trabalho, consequentemente se não é necessário descartamos.

Ter senso de utilização significa identificar materiais, equipamentos, ferramentas, utensílios, informações e dados necessários e desnecessários, descartando ou dando o devido destino àquilo considerado útil ao exercício das atividades. (Lopes, 2012, p. 11).

É interessante o quanto podemos utilizar esse senso também em outros aspectos, como na vida cotidiana por exemplo, onde muitas pessoas acumulam coisas obsoletas, na esperança

de que vão utilizar um dia. No estudo em questão, há muitas sobras de chapa de aço espalhadas pelo setor, as sobras que não serviam mais deveriam ser vendidas para alguma empresa que as reutilize.

#### **2.4.2 Seiton**

Durante o Seiton, ou senso de ordem, o objetivo é organizar e categorizar os itens, diferenciando os mais e menos utilizados. Apesar do Seiri também haver uma certa classificação no Seiton não se descarta nada pois classifica o que sobrou do senso anterior.

Ter Senso de Arrumação significa definir locais apropriados e critérios para estocar, guardar ou dispor materiais, equipamentos, ferramentas, utensílios, informações e dados, de modo a facilitar o seu uso e manuseio, facilitar a procura, localização e guarda de qualquer item. Popularmente significa "cada coisa no seu devido lugar". (Lopes, 2012, p. 11).

No estudo em questão, as sobras de chapas de aço que ainda servem para serem reaproveitadas devem ser realocadas para um outro local, local apropriado.

#### **2.4.3 Seisou**

No Seisou ou senso de limpeza, o objetivo limpar a área de trabalho e identificar e eliminar rotinas que causem sujeiras ou bagunça em geral.

Ter Senso de Limpeza significa eliminar a sujeira ou objetos estranhos para manter limpo o ambiente (parede, armários, o teto, gaveta, estante, piso) bem como manter dados e informações atualizados para garantir a correta tomada de decisões. O mais importante neste conceito não é o ato de limpar, mas o ato de "não sujar". Isto significa que além de limpar é preciso identificar a fonte de sujeira e as respectivas causas, de modo a podermos evitar que isto ocorra (bloqueio das causas). (Lopes, 2012, p. 12).

No estudo em questão, as rotinas que causam sujeiras são as sobras. Após se obter as peças desejadas o resto da chapa que sobra não voltam para o lugar de estoque, são jogadas ao lado da máquina.

#### **2.4.4 Seiketsu**

No Seiketsu ou senso de saúde, o objetivo é garantir que todo o trabalho feito será mantido e se tornará o padrão da empresa, ou seja, que os três primeiros sentidos sejam mantidos por isso, na literatura também é possível encontrar o Seiketsu como senso de padronização.

Ter este senso significa criar condições favoráveis à saúde física e mental, garantir ambiente não agressivo e livre de agentes poluentes, manter boas condições sanitárias nas áreas comuns (lavatórios, banheiros, cozinha, restaurante, etc.), zelar pela higiene pessoal e cuidar para que as informações e comunicados sejam claros, de fácil leitura e compreensão. (Lopes, 2012, p. 12).

No estudo em questão para manter esse processo padrão o interessante é ser realizado uma reunião de definição.

#### **2.4.5 Shitsuke**

O Shitsuke ou senso de autodisciplina, tem como objetivo, colocar em prática a disciplina da empresa e dos colaboradores. Nesse estágio todos os envolvidos precisam participar e ajudar a elaborar normas e procedimentos. “Ter Senso de Disciplina significa desenvolver o hábito de observar e seguir normas, regras, procedimentos, atender especificações, sejam elas escritas ou informais” (Lopes, 2012, p.13).

Por fim o objetivo é tudo ser colocado em prática e essa metodologia se tornar uma filosofia. Tendo em vista as novas práticas, o objetivo agora é manter controlado o processo para que não haja mais o mesmo acúmulo de sobras de antes, então buscou-se na literatura um algoritmo de otimização (um software) que ajudasse a empresa nesse sentido.

### **2.5 ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO**

O avanço da tecnologia tem impactado de maneira considerável os processos produtivos, tornando-os mais ágeis e inteligentes. No estudo em questão, observou-se que para um melhor controle e planejamento de produção, seria necessário um software que se adequasse a necessidade da empresa, a otimização no setor de corte, para melhor aproveitamento das chapas de aço, matéria-prima mais utilizada.

A utilização desses sistemas, nas indústrias de implementos rodoviários ajudam a empresa a se destacar, segundo Goldenstein, Alves e Azevedo (2006), a produção (de implementos rodoviários) deve ser adaptada às necessidades de cada cliente, tornando

essencial, para os fabricantes, a constante inovação dos produtos oferecidos, assim como investimentos em tecnologia.

Na literatura pode-se encontrar estudos que se utilizam de programação linear para a solução de problemas de corte e empacotamento, com o auxílio de algoritmos de otimização, como por exemplo, o simplex e o Branch-and-Bond. Segundo Bazaraa, Jarvis e Sherali (2010), é graças ao uso de algoritmos de otimização e ao suporte de recursos computacionais modernos que a programação linear se destaca na aptidão para representar problemas grandes, complexos e na possibilidade de resolvê-los com eficiência.

O software em estudo também se utiliza de algoritmos de otimização que são seu núcleo lógico para gerar planos de cortes eficientes.

## 2.6 PLANO DE CORTE

Para um planejamento mais refinado do que será produzido e de como será produzido, para assim obter-se um controle melhor das chapas utilizadas na produção, o interessante é ter algo que ilustre para os colaboradores quanto ao modo de como fazer. Foi decidido, então adotar o plano de corte, que é uma espécie de “planta baixa”, com desenhos que podem ser em 2D pois se trata de um corte no plano.

Ele aumenta a lucratividade, já que reduz perdas e faz com que as chapas sejam utilizadas da forma correta. Além disso, possibilita um ganho de produtividade e um ambiente mais limpo e organizado, livre de tantos resíduos (Rodrigues apud FormóBILE Digital, 2019).

A importância do corte eficiente é grande em uma empresa, conseqüentemente a ineficiência dele afeta significativamente o processo produtivo. Segundo Belluzzo e Morabito (2005), o problema de corte envolve a determinação da melhor maneira de dividir chapas em unidades menores, minimizando a perda de material. Esse processo é crucial devido ao impacto das perdas na produção, que podem ser significativas, alcançando toneladas diárias.

As perdas se referem a pedaços de chapas de boa qualidade que acabam sendo descartados por serem pequenos demais para uso prático. No entanto, uma parte dessas perdas poderia ser evitada por meio de uma melhoria na programação dos equipamentos de corte, sem a necessidade de investimentos adicionais em capacidade.

### 3 METODOLOGIA

Nesse Capítulo, serão descritos o tipo de pesquisa utilizado nesse trabalho e os procedimentos metodológicos utilizados.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho enquadra-se como uma pesquisa de caráter descritiva, exploratória com estudo de caso. Segundo Gil (2002), o estudo de caso caracteriza-se por uma investigação profunda e minuciosa de um ou poucos objetos, possibilitando um conhecimento amplo sobre eles. Essa abordagem é aplicável a pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas. Tratando-se de uma metodologia conhecida, relacionando suas variáveis, porém para um contexto específico e pouco explorado, que é o ambiente de implementos rodoviários, com o objetivo de melhorar os processos e recursos da empresa.

Esta pesquisa foi baseada em fontes referências secundárias, como por exemplo livros, artigos e fontes primárias como por exemplo a abordagem aos colaboradores da empresa. O tratamento de resultados consiste em uma abordagem mista, pois, por um lado, a abordagem qualitativa foi utilizada para identificações de problemas e sugestões de melhoria, e, por outro lado, a abordagem quantitativa foi aplicada através da coleta de dados numéricos.

#### 3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

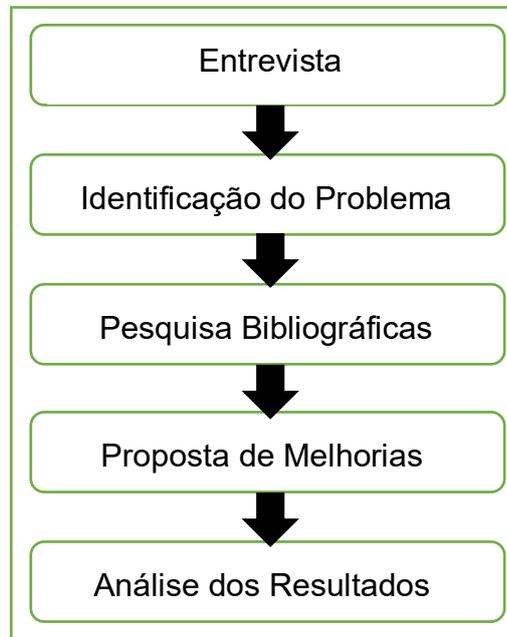
Cada etapa realizada no estudo de caso foi descrita nesse subtítulo, e representada com um fluxograma na Figura 1.

Inicialmente, houve uma entrevista durante uma reunião com os diretores da empresa, para entender os problemas enfrentados, no qual foi levantado o problema de desperdícios de matéria prima na empresa. Também houve a reunião com alguns colaboradores, principalmente os que trabalham no setor de corte e dobra, para entender suas dificuldades e o porquê do problema. Por parte dos colaboradores, inicialmente, foi dito que era normal a sobra de peças, que não havia como mudar.

Após a entrevista, ocorreu a identificação do problema, através da análise visual, onde foi observado o modo de trabalho por parte dos colaboradores e identificado o problema, o corte de modo desordenado sem um planejamento de aproveitamento do material. Logo foi

constatado que deveria se fazer um estudo de caso sobre o problema e definir a metodologia de solução.

Figura 1 – Procedimentos metodológicos



Fonte: O Autor (2025).

Após a identificação do problema, houve uma consulta minuciosa em relação a referências bibliográficas, onde foi utilizada a consulta a livros, artigos, monólogos, revistas eletrônicas, possibilitando um melhor entendimento sobre as melhorias que poderiam ser aplicadas sobre o problema de corte e empacotamento, proposto para o presente estudo.

Após a consulta bibliográfica, foi aplicada as propostas de melhorias, onde ficou claro que para a solução dos problemas identificados, poderia ser utilizado o 5S no local. Já para solucionar os problemas de corte e empacotamento que conta com restrições, tais como cortes bidimensionais, guilhotinados, variados e produção sazonal, a solução inclui um software para gerar planos de cortes eficientes para um melhor aproveitamento da matéria prima, o aço.

Em seguida, após as propostas de melhorias foi possível analisar os resultados da aplicação e das propostas de melhorias escolhidas. A análise dos resultados é apresentada com base no que foi coletado, que inclui os índices de utilização, estoque e desperdícios medidos no local. Buscou-se comparar esses índices, que são referentes ao modo como é o processo produtivo atual, com o novo modelo proposto, mostrando os benefícios da aplicação.

## **4 PROPOSTA DE MELHORIAS PARA UMA INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

Nesse capítulo será apresentado a proposta de planejamento e controle de produção para a empresa de implementos rodoviários. Será apresentado o contexto empresarial, dados coletados, explicação do software e a utilização dele para se obter os planos de corte.

### **4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

Atuante no mercado há 30 anos, a empresa de implementos rodoviários ou carrocerias em que esse estudo se baseou, é original de Serra Talhada-PE e, atualmente, conta com uma unidade em São Caitano-PE. Possui cerca de 100 funcionários, distribuídos entre vários setores, inclusive o de corte e dobra, que é onde toda a produção começa e será o setor mais abordado no estudo.

Atualmente a empresa trabalha com vários tipos de implementos, como: o baú de vaquejada; a carroceria de madeira, grade baixa; a carroceria de aço, grade baixa; plataformas, o famoso guincho ou reboque; o basculante, que são as caçambas, e por fim os baús de carga geral que são divididos entre os baús de série leve (até 6,5 metros) e ou baús de série pesada (de 7,0 metros até 10,5 metros).

No presente trabalho, será tratado exclusivamente dos baús carga geral de série leve de 6,2 metros, que são os campeões de venda da empresa. A principal matéria prima da empresa é o aço, que chegam em chapas de 1200 milímetros de largura por 3000 milímetros de comprimento. Por questões de segurança o nome da empresa não será revelado.

### **4.2 COLETA DE DADOS**

Inicialmente, os dados deveriam ser coletados, e através de uma entrevista com o responsável pela máquina de corte (modelo guilhotina) que também é o responsável pelo modo como as chapas eram cortadas, obteve-se as peças utilizadas para a fabricação dos baús de série leve, bem como suas medidas, peso unitário, quantidade utilizada e o peso total, conforme descritos na Tabela 1. Para as medições realizadas neste trabalho, assim como é na empresa, serão utilizados milímetros (mm) e quilograma (kg) como unidades padrão.

Tabela 1 – Peças utilizadas para a fabricação de Baús de série leve

<b>Chapa</b>	<b>Nome da Peça</b>	<b>Medida</b>	<b>Peso Unitário</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Peso Total</b>
14	Bandeja de porta traseira	1010 x 200	3,232	4	12,928
14	Bandeja de porta traseira	1010 x 260	4,2016	2	8,4032
14	Bandeja de Porta Lateral	940 x 200	3,008	2	6,016
14	Bandeja de Porta Lateral	940 x 260	3,9104	1	3,9104
14	Caixa de Roda	600 x 600	5,76	4	23,04
1/8"	Quadro Lateral	2215 x 230	12,2268	2	24,4536
1/8"	Quadro Lateral	1030 x 230	5,6856	2	11,3712
1/8"	Coluna do Quadro Traseiro	2250 x 290	15,66	2	31,32
1/8"	Reforço da coluna do Quadro Traseiro	2250 x 150	8,1	2	16,2
1/8"	Travessa inferior do Quadro Traseiro	2295 x 276	15,20208	1	15,20208
1/8"	Calha do Quadro Traseiro	2295 x 317	17,46036	1	17,46036
1/8"	Travessa da Base	2290 x 150	8,244	12	98,928
1/8"	Travessa da Caixa de roda	1000 x 150	3,6	1	3,6
1/8"	Guia Lateral	3000 x 195	14,04	2	28,08
1/8"	Guia Lateral	2840 x 195	13,2912	2	26,5824
1/8"	Mão Francesa (retângulos)	400 x 240	2,304	12	27,648
3/16"	Chassi	3000 x 290	33,06	4	132,24
3/16"	Chassi	200 x 290	2,204	2	4,408
3/16"	Travessa de Ligação	845 x 180	5,7798	3	17,3394
3/16"	Primeira Travessa	2000 x 380	28,88	1	28,88

Fonte: O Autor (2025).

Além das peças, através de medições em uma produção de Baú de série leve, foi mensurado a quantidade de chapas utilizadas para a fabricação do mesmo, bem como o índice de utilização, estoque e desperdício de chapa por unidade fabricada.

Tabela 2 – índice de utilização, estoque e desperdício atual

<b>Chapa</b>	<b>Quantidade de Chapas</b>	<b>Quantidade utilizada (%)</b>	<b>Quantidade em estoque (%)</b>	<b>Quantidade de sobras (%)</b>
14	2	85%	0%	15%
1/8"	5	82%	0%	18%

3/16"	2	65%	0%	35%
-------	---	-----	----	-----

Fonte: Autor (2025).

A medição dos índices de utilização, estoque e desperdícios atual foi de suma importância para que fosse notado, ao final do trabalho, uma melhoria quantitativa em relação, principalmente ao índice de desperdício ao final no trabalho. Por fim para entregar a empresa um resultado relacionado ao peso, caso as sobras sejam vendidas como sucata, foi coletado o peso médio total de cada chapa de aço, essas informações estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Peso das chapas por espessura

<b>Chapa</b>	<b>Peso</b>
14 (2mm)	57,6 kg
1/8" (3mm)	86,4 kg
3/16" (4,75mm)	136,8 kg

Fonte: Autor (2025).

Para obter o valor do peso das sobras, basta medir a área de cada uma delas (largura x comprimento), e fazer a regra de três com relação a área total das chapas utilizadas que sempre será de 1200mm x 3000mm, resultando em 3.600.000. O valor obtido em “x” será a porcentagem de sobra ou área excedente o restante da porcentagem será a área aproveitada, com a porcentagem obtida, é só fazer a multiplicação pelo peso total da(s) chapa(s). A área aproveitada poderá ser dividida em área utilizada para a produção e área de estoque. Para saber o peso do estoque segue o mesmo formato, com a área das peças adicionais no corte, a regra de três com a área total da(s) chapa(s) e a multiplicação pelo peso total da(s) chapa(s).

Ao utilizar esses cálculos, com base nas informações contidas na Tabela 2 e Tabela 3 tem-se o resultado geral de 820,8 quilos utilizados para produção de uma unidade de Baú série leve, e um total de 190,8 quilos de sobras, que dá, aproximadamente, 23,25% de quantidade de sobras, para o modelo atual de cortes e gestão de recursos da empresa.

#### 4.3 IMPLEMENTAÇÃO DO 5S

Após a coleta dos dados, foi observado no local de descarte que algumas sobras tinham a possibilidade de se tornarem peças, pois eram maiores que algumas peças já observadas e coletadas durante o processo, por isso se fez necessário a coleta de peças de outros implementos para se constatar o quão grande era o desperdício. Algumas delas foram listadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Peças complementares

<b>Chapa</b>	<b>Nome da Peça</b>	<b>Medida</b>	<b>Peso Unitário</b>	<b>Implemento</b>
14	Caixa de Ferramenta	600 x 144	1,3824	Diversos
1/8"	Fechamento de Para-Choque	730 x 130	2,2776	Diversos
1/8"	Fechamento de Maial	1530 x 90	3,3048	Plataforma
3/16"	Suporte de Tábua	180 x 120	3,9104	Basculante
3/16"	Chassi superior fixo	500 x 250	5,76	Plataforma

Fonte: O autor (2025).

Na Tabela 4, são apresentadas informações referentes à espessura da chapa, à identificação das peças, às suas dimensões (em milímetros), ao peso unitário e aos implementos nos quais são utilizadas. Vale destacar que, na coluna 'Implemento', o termo 'Diversos' é utilizado para indicar as peças que são utilizadas na fabricação de mais de um tipo de implemento. Todas as medidas dos implementos produzidos foram coletadas. No entanto, para simplificar a apresentação, a tabela acima mostra apenas as mais relevantes para este estudo.

Figura 2 – Sobras das Chapas



Fonte: O autor (2025).

Foi verificado que ao aplicar a metodologia 5S no local seria possível conseguir a limpeza e organização do ambiente, melhorando o bem-estar e o fluxo dos funcionários, já que

o local onde eram colocadas as sobras (Figura 2) era ao lado da máquina de corte. Além disso, o 5S ajudaria a minimizar os custos da produção, devido a quantidade de matéria prima inutilizada.

**Durante o Seiri**, onde o objetivo é identificar tudo que é utilizado durante o trabalho e descartar tudo que pode ser descartado. Foram separadas as sobras que ainda tinham utilidade, ou seja, tinham tamanho e espessura compatíveis para a produção de outras peças em relação as peças coletadas para baús de série leve (Tabela 1) ou peças de outros implementos fabricados na empresa (Tabela 2). As demais sobras que não se encaixavam em nenhuma outra peça coletada, por serem pequenas demais ou de espessuras não compatíveis, foram vendidas como sucata. As sucatas podem vendidas por meio do seu peso e o cálculo foi descrito no tópico anterior deste trabalho.

**Durante o Seiton**, onde o objetivo é organizar e categorizar os itens, diferenciando os mais e menos utilizados. Um novo local foi destinado para essas sobras, esse novo local era próximo ao setor de corte, mas não de forma que pudessem atrapalha-los. Esse novo local também passou pelo Seiri, como mostra a Figura 3. As sobras utilizáveis foram separadas de acordo com a sua espessura (14,1/8”, 3/16”, 5/16”, 5/8”, 3/4”, 1/2” e 1” polegada). Também foi separado um lugar para as sobras inutilizáveis, pois ao rodar a produção certamente haveriam de aparecer outras sobras que não seriam compatíveis com nenhuma peça usada na fabricação, facilitando assim o que seria, novamente, vendido como sucata. Nesse novo local, para facilitar na separação das chapas e não haver erro o local foi demarcado com placas onde seria o local de cada uma dela.

Figura 3 – 5S no novo local das sobras



Fonte: O autor (2025).

**Durante o Seisou**, onde o objetivo é identificar e eliminar rotinas que causem sujeiras ou bagunça em geral, no caso em questão o objetivo foi o treinamento, onde cada sobra deveria ser colocada no novo local, de acordo com sua espessura, para que não voltassem a se misturar, e dessa forma, em dias específicos seriam feitos a produção de peças só a partir dessas sobras e não de chapas novas. A cada vez que as sobras se acumulavam esse dia deveria ser agendado. Além disso todos os funcionários parariam a produção 10 minutos antes de largar e 5 antes do almoço, para que durante esse tempo o setor fosse totalmente limpo.

**Durante o Seiketsi**, onde o objetivo é garantir que todo o trabalho feito será mantido e se tornará o padrão da empresa. Nessa etapa foi feita uma reunião onde ficou definido alguns responsáveis pela manutenção da limpeza e fiscalização do 5'S no setor. Foi criado um POP visual sobre como deveria ser mantido o local, além de um manual visual com fluxos e ficha de controle para vistoria.

**No Shitsuke**, onde o objetivo é colocar em prática a disciplina da empresa e dos colaboradores. Nessa etapa foi feita a reunião para discussão dos planos de auditorias. Onde os responsáveis definidos na etapa anterior verificavam os resultados de cada setor e traçavam novos métodos, para o mantimento da filosofia.

Figura 4 – Antes e depois do 5'S



Fonte: O autor (2025).

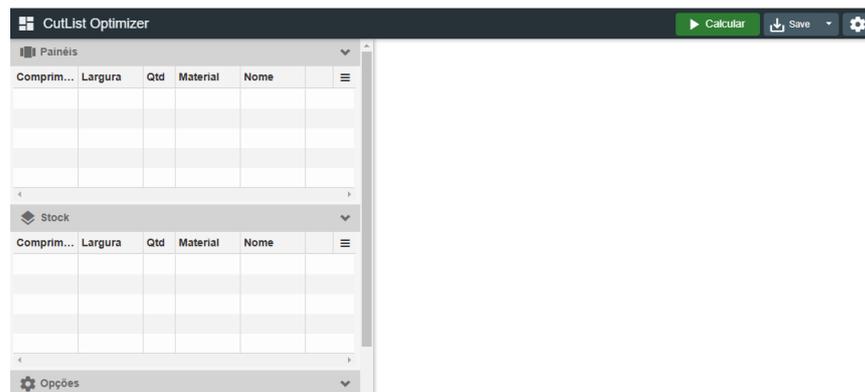
#### 4.4 UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE

Apesar do processo do 5S ter surtido efeito foi observado que a empresa teria um estoque minimamente controlado, pois em dias específicos as sobras dos cortes poderiam ser reaproveitadas, como descrito no SEISOU. Porém, ainda era pouco para se ter um controle de produção eficiente, visto que os cortes ainda geravam muitas sobras.

Tendo em mãos todas as peças que se utilizava na estrutura dos baús de série leve, e com o ambiente se mantendo organizado até então, deveria se pensar uma forma de criar um novo plano de corte, realocando o modo com as peças eram cortadas nas chapas de 1200mm de largura x 3000mm de comprimento.

Após uma pesquisa bibliográfica e entrevistas com alguns profissionais que também trabalhavam com cortes planos em outros ramos de indústria, foi observado que um software utilizado em madeireiras seria ideal para definir a melhor forma de corte nas chapas metálicas de aço carbono, pois assim como nas madeireiras, a matéria prima se tratava de uma chapa plana. O Software utilizado foi o CutList Optimizer., abaixo será descrito e demonstrado na Figura 5, Figura 6 e Figura 7 o seu funcionamento.

Figura 5 – Tela inicial do Software



Fonte: O autor (2025).

Ao abrir o software, na tela inicial, primeiramente, no “símbolo” da engrenagem no canto direito superior, deve-se definir principalmente, o idioma, a prioridade da otimização e a unidade de medida, no caso do estudo seguiu-se como é na empresa, tudo em milímetros. A Figura 6 ilustra esta etapa.

Figura 6 – Definições do Software

Configuração	Valor
Lingua	Português
Prioridade de otimização <small>Premium Feature</small>	Menor área desperdiçada
Cut Orientation <small>Premium Feature</small>	Optimal
Unidades	Genérico (16.5)
Dimensions order	Comprimento x Largura
Casas decimais	2
Minimum trim dimension	0
Stack panels with same cut layout	Auto

Ok

Fonte: O autor (2025).

Após escolher essas definições, encontra-se na tela inicial, o local de “Painéis” que representa as peças que desejam ser cortadas, e o local “Stock” que representa o que se tem em estoque ou a quantidade desejada para se cortar uma quantidade “X” de peças. Tanto em “Painéis” quanto em “Stock” deve se colocar o comprimento, largura e quantidade das peças e da placa/chapa conseqüentemente, seja ela aço, vidro, madeira ou qualquer outra superfície plana.

Para sinalizar o material que se utiliza e o nome das peças, é necessário ir nas opções como na Figura 7.

Figura 7 – Opções do aplicativo

Opção	Estado
Espeçura de corte	0
Nome nos painéis	Ativado
Utilizar apenas uma unidade de stock	Desativado
Considere material	Ativado
Borda de borda	Desativado
Considere a direção do grão	Desativado

Fonte: O autor (2025).

Para isso, deve-se ativar o “nome dos painéis” para colocar nome nas peças desejadas para o corte e “considerar o material” para colocar o nome do material utilizado, no caso do estudo em questão, o Aço carbono. Também tem a opção de colocar a espessura do corte, que no estudo em questão foi desconsiderado pelo fato de que, a chapa que aqui já definida com 1200 milímetros sempre vem sempre com 10 ou 20 milímetros a mais por inconformidade da empresa que a fornece. Também pode escolher por utilizar apenas uma unidade de stock se só houver um único tipo de material, a borda caso a peça cortada tenha, e a direção do grão se houver preferência pela posição (vertical ou horizontal) que as peças se realocarão na chapa. Em seguida, voltando para a parte de cima, será possível que além do comprimento, largura e quantidade se coloque o material (inicialmente criado em “stock” e depois escolhido para a peça em “painéis”) e o nome do material da chapa e das peças. Depois de alimentar o software com essas informações, em “calcular” o programa definirá o melhor arranjo possível.

#### 4.5 PLANOS DE CORTE

Assim como em todos os softwares utilizados, a “mão” do homem foi bastante importante nesse processo. A utilização do CutList Optimizer precisou ser testada de algumas formas, através de tentativa e erro com diferentes peças para finalmente se mostrar eficiente. Neste capítulo será apresentado Software já com a melhor forma encontrada que foi juntando peças do próprio implemento (listadas na Tabela 1) com peças complementares, de outros implementos (listadas na Tabela 4), conforme foi obtido na coleta de dados.

##### 4.5.1 Chapa 14 (2mm)

Para a chapa 14, ou seja, 2 milímetros, inicialmente o software foi alimentado apenas com as medidas das peças que compõe o próprio implemento em estudo (Baú de série leve), peças estas apresentadas na Tabela 1 em coleta de dados. A execução do software resultou em um plano de corte com uma área de 6% de desperdício.

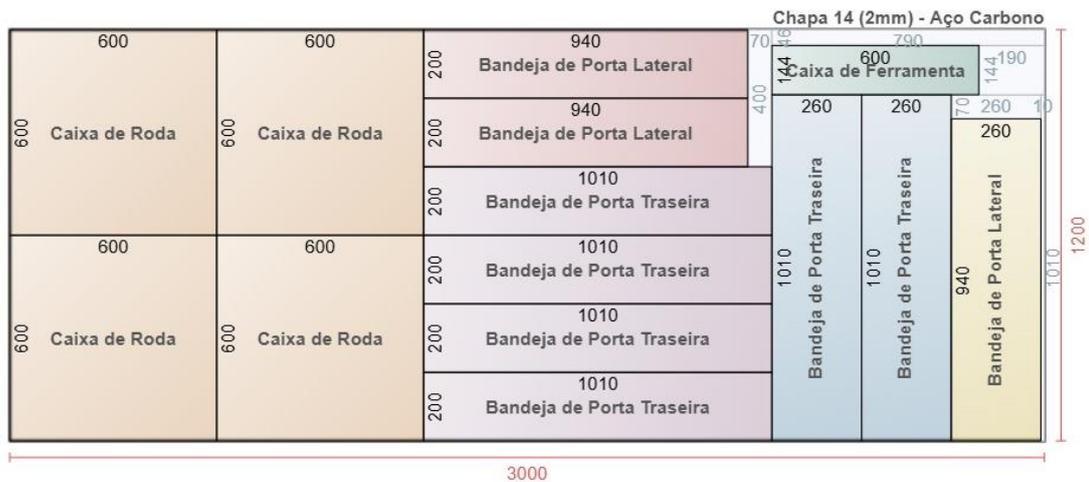
Em seguida, foi incluído um corte adicional de mesma espessura, referente à peça 'Caixa de Ferramenta', apresentada na Tabela 4. Resultando no seguinte mix:

- 4 Caixas de Roda (600mm x 600mm);
- 4 Bandejas de Porta Traseira (1010mm x 200mm);
- 2 Bandejas de Porta Traseira (1010mm x 260mm);

- 2 Bandejas de Porta Lateral (940mm x 200mm);
- 1 Bandeja de Porta Lateral (940mm x 260mm);
- **1 Caixa de Ferramenta (600mm x 144mm).**

Esse novo mix de peças gerou o plano de corte demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Plano de corte da chapa de 14 (2mm)



Fonte: O autor (2025).

Os resultados quantitativos desse plano de corte estão descritos na Figura 9.

Figura 9 – Resultados do plano de corte da chapa de 14 (2mm)

<b>Painel de stock</b>	3000×1200
<b>Material</b>	Aço Carbono
<b>Área utilizada</b>	3480000 97%
<b>Área excedente</b>	120000 3%
<b>Cortes</b>	18
<b>Comprimento de corte</b>	15134
<b>Painéis</b>	14
<b>Excedentes</b>	5

<b>Painel</b>	<b>Nome</b>	<b>Qtd</b>
1010×200	Bandeja de Porta Traseira	4
260×1010	Bandeja de Porta Traseira	2
940×200	Bandeja de Porta Lateral	2
260×940	Bandeja de Porta Lateral	1
600×600	Caixa de Roda	4
600×144	Caixa de Ferramenta	1

Fonte: O autor (2025).

Para contextualizar o resultado obtido, pode-se observar uma área excedente (área de desperdício) de apenas 3%. O software arredonda esse resultado. Por isso, se for necessário um resultado mais exato ou se ainda, a empresa quiser um resultado em peso. A conta pode ser feita calculando a área total da chapa (largura x comprimento) que de acordo com o tamanho que as chapas chegam sempre resultará em 3.600.000 milímetros, depois multiplicando pela quantidade de chapas se houver mais de uma, no caso da chapa 14 não se faz necessário pois se trata de apenas uma chapa. Após encontrar a área, calcula da mesma forma a área total das partes desperdiçadas, essas áreas são demonstradas no plano de corte na cor branca. No caso da chapa de 14, encontrou-se uma área total das partes desperdiçadas com 120.000 milímetros. Após ter as duas áreas calculadas, faz-se uma regra de três e se encontra o valor de “X” que será a área de desperdício sem arredondamento.

No resultado, tem-se que a área excedente (área desperdiçada) é de 3,33% ou 0,0333. Multiplicando esse número pelo peso da chapa 14, que é 57,6 quilos, conforme obtido na Tabela 3 da coleta de dados, tem-se o resultado, que o peso das sobras é de apenas, 1,92 quilos, aproximadamente.

Essa conta também pode ser feita para saber o peso do estoque e o peso total que vai ser utilizado na produção do baú, novamente utilizando o peso das chapas, descritos na Tabela 3, na coleta de dados.

Voltando para o software, além das informações de área utilizada e área excedente ele fornece também os cortes que devem ser feitos no plano da chapa, que seguem o modelo de plano cartesiano conforme a Figura 10 abaixo:

Figura 10 – Cortes no plano cartesiano da chapa de 14 (2mm)

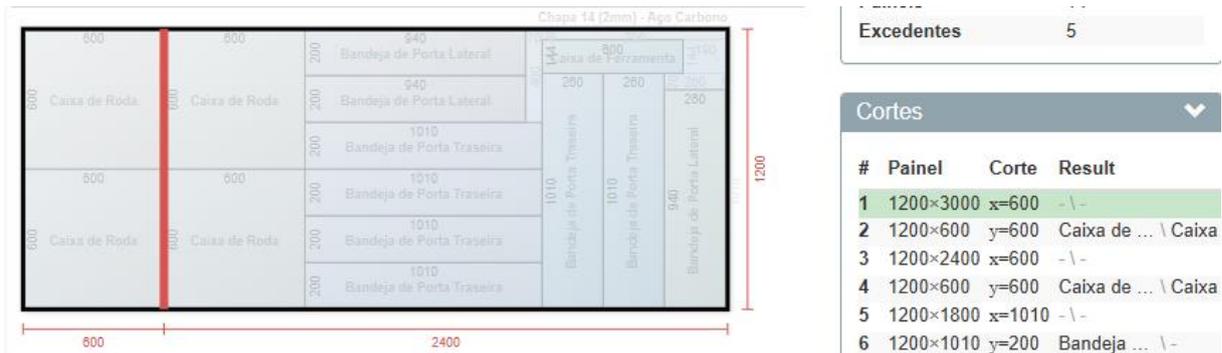
#	Painel	Corte	Result
1	1200×3000	x=600	- \ -
2	1200×600	y=600	Caixa de Rc \ Ci
3	1200×2400	x=600	- \ -
4	1200×600	y=600	Caixa de Rc \ Ci
5	1200×1800	x=1010	- \ -
6	1200×1010	y=200	Bandeja de \ -
7	1000×1010	y=200	Bandeja de \ -
8	1200×790	y=1010	- \ -
9	1010×790	x=260	Bandeja de \ -
10	1010×530	x=260	Bandeja de \ -
11	1010×270	x=260	- \ surplus 1010
12	1010×260	y=940	Bandeja de \ st
13	800×1010	y=200	Bandeja de \ -
14	600×1010	y=200	Bandeja de \ -
15	400×1010	x=940	- \ surplus 400
16	400×940	y=200	Bandeja de \ Bc
17	190×790	y=144	- \ surplus 46x
18	144×790	x=600	Caixa de Fe \ st

Fonte: O autor (2025).

Com o “x” representando os cortes na vertical e “y” com os cortes na horizontal, tal como no plano cartesiano, pode-se observar que o primeiro corte será feito em  $x=600\text{mm}$ , isto é, do início da chapa até o milímetro 600 será o primeiro corte. Conseqüentemente o segundo corte será em  $y=600\text{mm}$ , assim se obterá duas caixas de roda e assim sucessivamente para os demais cortes.

Para facilitar o colaborador ou profissional que corta as chapas, ao passar o mouse por cima da tabela de cortes gerada, ele indica exatamente onde será o corte, como na Figura 11.

Figura 11 – Explicação dos cortes



Fonte: O autor (2025).

Por fim, para as chapas de “14” (2mm), tem-se uma a área excedente (área desperdiçada) de apenas 3% (número arredondado pelo software) de área utilizada de 97%. Desses 97%, através do cálculo manual tem-se que 94,27% serão utilizados para a fabricação do próprio implemento, 2,40% serão para estoque e apenas 3,33% serão de sobras.

Seguindo o mesmo modelo, foi utilizado as peças complementares listadas da Tabela 4 para as demais espessuras.

#### 4.5.2 Chapa 1/8” (3 mm).

Para as chapas de 1/8” ou seja, 3 milímetros, o software também foi alimentado inicialmente apenas com as peças descritas na Tabela 1, peças do próprio implemento em estudo (Baú de série leve). Obtendo um plano de corte com área excedente (área desperdiçada) de 13%.

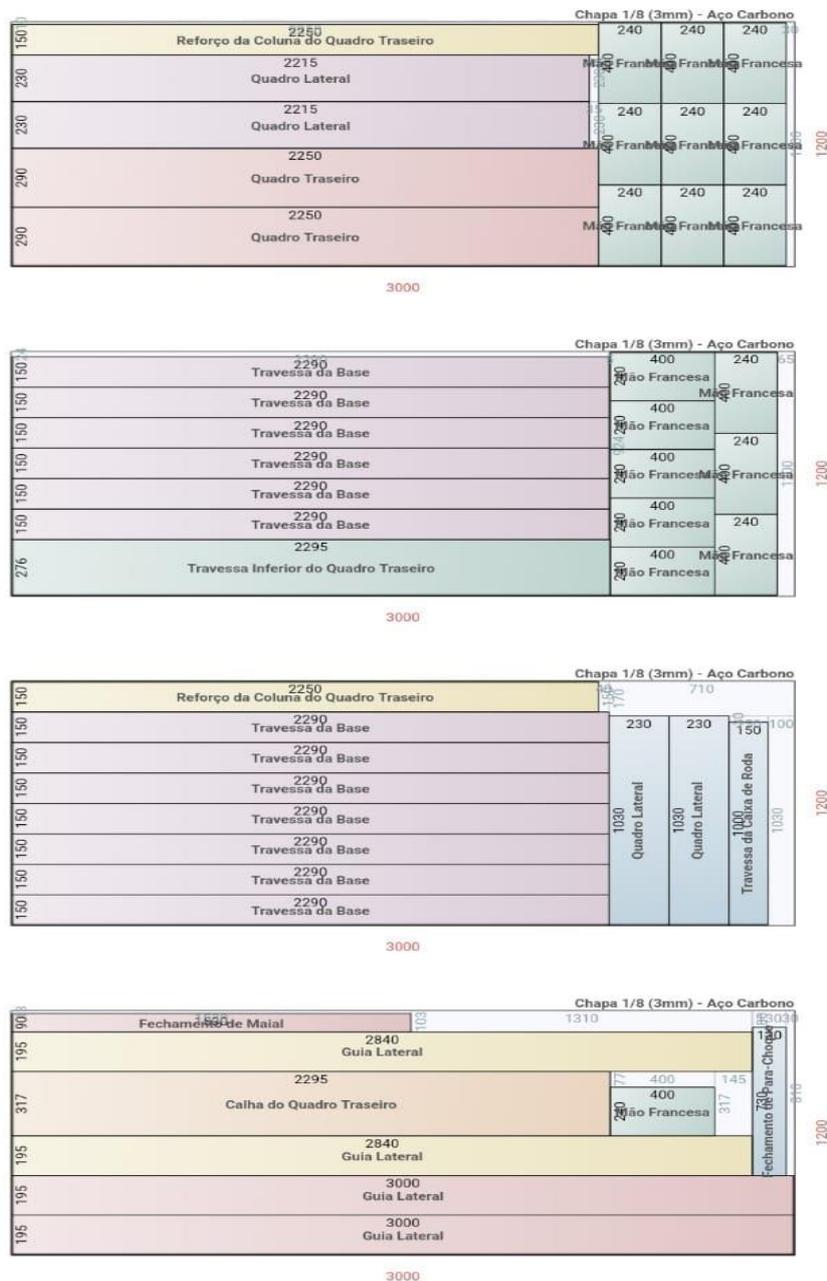
Depois foi adicionado algumas peças a mais, do próprio implemento e de outros implementos, descritas em negrito abaixo e conforme a Tabela 4, obteve-se o seguinte mix:

- 2 Quadros Laterais (2215mm x 230mm);
- 2 Quadros Laterais (1030mm x 230mm);
- 2 Colunas do Quadro Traseiro (2250mm x 290mm);
- 2 Reforços da Coluna do Quadro Traseiro (2250mm x 150mm);
- 1 Travessa Inferior do Quadro Traseiro (2295mm x 276mm);
- 1 Calha do Quadro Traseiro (2295mm x 317mm);
- **13 Travessas da Base (2290mm x 150mm);**
- 1 Travessa da Caixa de Roda (1000mm x 150mm);
- 2 Guias Laterais (3000mm x 195mm);

- 2 Guias Laterais (2840mm x 195mm);
- 18 Mãos Francesa (400mm x 240mm);
- 1 Fechamento de Para-Choque (730mm x 130mm);
- 1 Fechamento de Maial (1530mm x 90mm).

Com esse mix de peças, foi gerado o plano de corte demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – Plano de da chapa de 1/8" (3mm)



Fonte: O autor (2025).

Os resultados quantitativos desse plano de corte estão descritos na Figura 13.

Figura 13 – Resultados do plano de corte da chapa de 1/8" (3mm)

Estatísticas	
<b>Painéis de stock utilizados</b>	1200×3000 x4 Chapa 1.8 (3mm) - Aço Carbono
<b>Área total utilizada</b>	13687335 \ 95%
<b>Área total desperdiçada</b>	712665 \ 5%
<b>Cortes totais</b>	61
<b>Comprimento de corte total</b>	80856
<b>Espessura de corte</b>	0
<b>Prioridade de otimização</b>	Menor área desperdiçada

Fonte: O autor (2025).

Contextualizando o resultado obtido, a área excedente (área desperdiçada) foi de apenas 5%. A área utilizada foi de 95%. Que através dos cálculos manuais tem-se que desses 95%, cerca de 87,05% serão exatamente para a produção dos baús, 8% serão para o estoque e cerca de 4,95% serão de sobras. A diferença entre os cálculos manuais e o software se dá pelo arredondamento que o software faz.

Os 8% de estoque foi obtido a partir do cálculo de todas as peças adicionadas no mix e a regra de três com a área total das 4 chapas utilizadas, dessa forma foi obtido o “ $x = 8,00$ ”. Se necessário, para calcular o peso de estoque basta multiplicar 0,08 pelo peso de 4 chapas.

No resultado, tem-se que a área excedente é de 4,95% ou 0,0495, portanto se multiplicar esse número pelo peso de quatro chapas de 1/8, ou seja 345,6 quilos ( $86,4 \times 4$ ), conforme obtido na Tabela 3 da coleta de dados, tem-se o resultado, que o peso das sobras é de apenas, 17,11 quilos, aproximadamente.

O Software também gera um PDF que fornece detalhadamente os dados de cada uma das quatro chapas de 1/8”, se o usuário desejar ver de forma mais detalhada. Esse PDF informa área total e excedente de cada uma das chapas e a posição dos cortes de cada uma.

### 4.5.3 Chapa 3/16 (4,75 mm)”

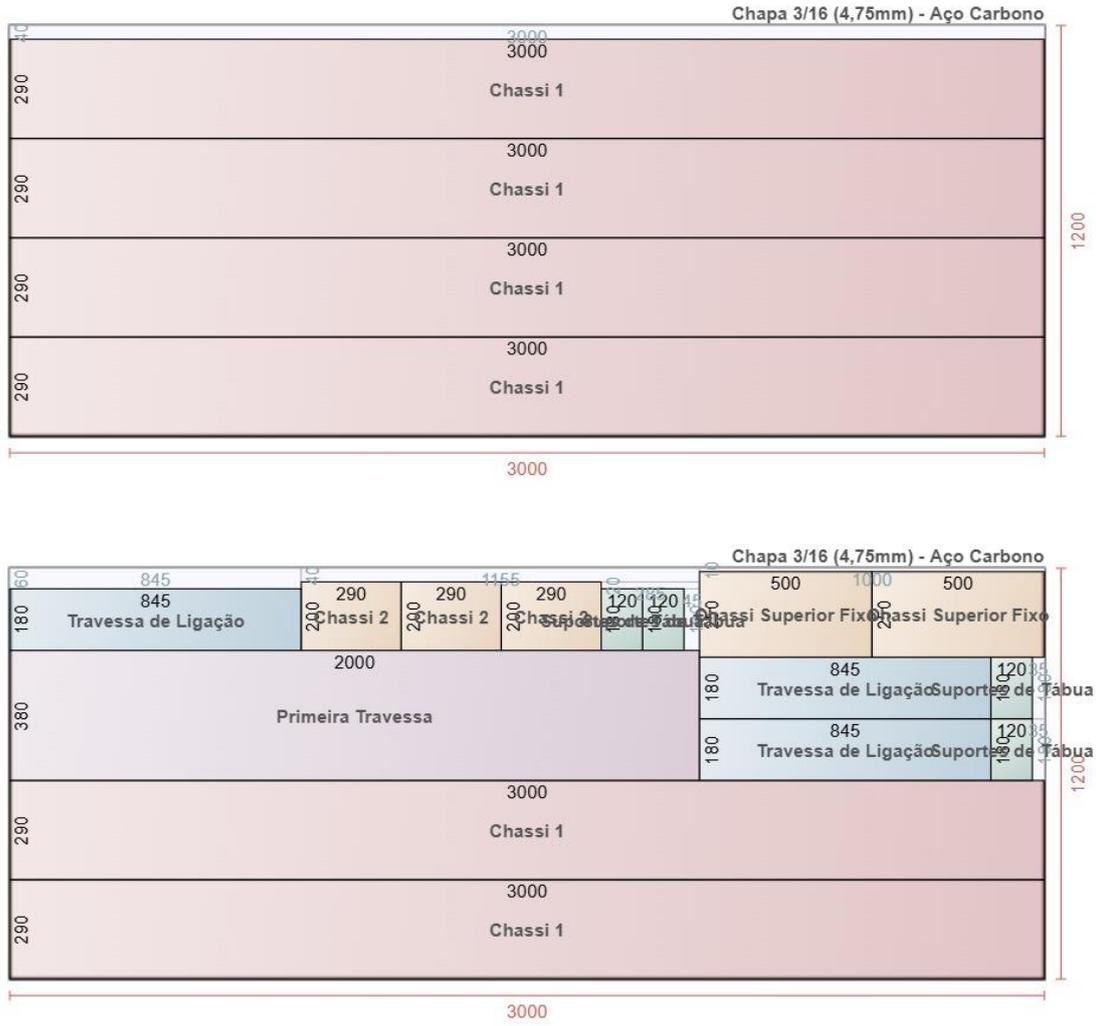
Para as chapas de 3/16” ou seja, 4,75 milímetros, o software foi alimentado inicialmente apenas com as peças descritas na Tabela 1, ou seja, peças do próprio implemento do estudo (Baú de série leve). Obtendo um plano de corte com área excedente (área desperdiçada) de 33%.

Depois foi adicionado algumas peças a mais do próprio implemento e de outros implementos, descritas em negrito e conforme a Tabela 4, obteve-se o seguinte mix:

- **6 Chassis (3000mm x 290mm);**
- **3 Chassis (200mm x 290mm);**
- 1 Primeira Travessa (2000mm x 380mm);
- 3 Travessa de Ligação (845mm x 180mm);
- **4 Suportes de Tábua (180mm x 120mm);**
- **2 Chassis Superior Fixo (500mm x 250).**

Através desse mix o plano de corte gerado foi o ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Plano de corte da chapa de 3/16 (4,75mm)



Fonte: O autor (2025).

Os resultados quantitativos desse plano de corte estão descritos na Figura 15.

Figura 15 – Resultados do plano de corte da chapa de 3/16" (4,75mm)

Estatísticas	
Painéis de stock utilizados	1200×3000 x2 Chapa 3/16 (4,75 mm) - Aço Carbono
Área total utilizada	6946700 \ 96%
Área total desperdiçada	253300 \ 4%
Cortes totais	25
Comprimento de corte total	28075
Espessura de corte	0
Prioridade de otimização	Menor área desperdiçada

Fonte: O autor (2025).

Contextualizando o resultado, foi obtido uma área excedente (Área desperdiçada) de apenas 4%. A área utilizada foi de 96%. Porém como existem as peças acrescidas, fazendo os cálculos manuais tem-se que desses 96%, cerca de 66,84% serão exatamente para a produção dos baús, 29,64% serão para o estoque e cerca de 3,52% serão de sobras. A diferença entre os cálculos manuais e o software se dá pelo arredondamento feitos pelo software.

No resultado, tem-se que a área excedente de 3,52% ou 0,0352, se multiplicada pelo peso de duas chapas de 3/16", ou seja 273,6 quilos (136,8 x 2), conforme obtido na Tabela 3 da coleta de dados, tem-se o resultado, que o peso das sobras é de apenas, 9,62 quilos, aproximadamente.

O Software também gera um PDF que fornece detalhadamente os dados de cada uma das quatro chapas de 3/16", se o usuário desejar ver de forma mais detalhada. Esse PDF informa área total e excedente de cada uma das chapas e a posição dos cortes de cada uma.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, serão apresentados a conclusão do trabalho com os resultados obtidos, bem como as contribuições e limitações do estudo.

### 5.1 CONCLUSÃO

Por fim, com todos os planos de corte e todos os valores dos respectivos planos, pode-se comparar os resultados do modo atual, que está contido na Tabela 2 (índices de utilização, estoque e desperdício atual), e os resultados da Tabela 5 (índices de utilização, estoque e desperdício proposto).

Tabela 5 – Índice de utilização, estoque e desperdício proposto

Chapa	Quant. de Chapas	Quantidade utilizada (%)	Quantidade em estoque (%)	Quantidade de sobras (%)
14	1	94,27%	2,40%	3,33%
1/8"	4	87,05%	8,0%	4,95%
3/16"	2	66,84%	29,64%	3,52%

Fonte: O autor (2025).

Ao final do plano de corte para as 3 espessuras de chapas apresentados no trabalho, tem-se o resultado de 7 chapas cortadas e um peso total de 676,8 kg, dos quais 538,01 kg ou 79,50% serão utilizados para a fabricação do implemento, 110,24 kg ou 16,27% serão para o estoque e apenas 28,64 kg ou 4,23% serão de sobras.

Na comparação foi possível observar que, no modelo atual se utiliza 9 chapas, enquanto no modelo proposto, se utilizariam apenas 7 chapas. Além desse benefício de gestão de estoques, focando nas sobras, que no caso é o problema central do trabalho, foi possível observar que a porcentagem de área desperdiçada no modelo atual é cerca de 23,25% dessas 9 chapas, ou seja, cerca de 190,8 kg desperdiçados, enquanto no modelo proposto a área de desperdício seria de 4,23% das 7 chapas, ou seja, em torno de 28,64 kg desperdiçados. Dessa forma, é possível provar os benefícios da empresa ao adotar o modelo proposto, melhorando seu controle de estoque com a redução de quantidades de chapas utilizadas e melhorando a eficiência da produção com redução dos índices de desperdícios levantado na coleta de dados.

Além desse benefício proposto, uma outra questão levantada foi a questão do fluxo produtivo e organização da empresa. Aplicado o 5S, foi observado que além da limpeza no local mostrada no tópico 4.3, a aplicação causou um bem-estar nos colaboradores do setor que elogiaram a aplicação desse método. Foi possível observar depois da aplicação, a ampliação do espaço de movimentação. Também foi benéfico para o comprador de sucatas, que ao estacionar o caminhão para recolher o material, já encontra o lugar específico para as mesmas.

Por fim, foi possível demonstra que as melhorias propostas e aplicadas nesse trabalho, juntamente com o software em questão, conseguiram obter resultados satisfatórios em relação a produção atual.

## 5.2 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Uma das limitações do trabalho se deu pelo estudo ter sido feito apenas no setor de corte e dobra, especificamente no corte, alguns conceitos ditos aqui poderiam servir para outros setores. Outra limitação foi a questão de o estudo ter sido feito apenas para o implemento do baú de série leve, as resistências encontradas por parte dos colaboradores limitaram a aplicação da proposta, mesmo que tenha se mostrado eficaz. Para a quantificação da melhoria de fluxo obtida através da aplicação do 5S poderia ter sido feito um estudo de tempos e movimentos, sendo essa também uma limitação encontrada.

Para trabalhos futuros, sabe-se que atualmente a empresa conta com uma máquina CNC de corte de plasma, dessa forma o resultado obtido pode ser ainda menor, através da utilização de sobras de chapas finas, que nesse trabalho não foi possível ser utilizadas, mas que com essa máquina serviria para peças pequenas de outros implementos, como arruelas e mancais por exemplo. Para trabalhos futuros, também seria interessante integrar um outro sistema ao software para se obter o peso das sobras com mais facilidade. Pode ser integrado também um sistema de Planejamento e controle de Produção (PCP) que informe “quando comprar?” e “quanto comprar?”, dessa forma o gerenciamento de recursos funcionaria ainda melhor. Além disso, para um trabalho futuro, seria importante fazer o plano de corte para os outros implementos rodoviários produzidos pela empresa. Com todos os planos de corte em mãos e com treinamento específico, será totalmente possível colocá-los em prática.

## REFERÊNCIAS

- AROZO, Rodrigo. **Monitoramento de desempenho na gestão de estoque**. Revista Tecnológica, São Paulo, n. 85, p. 48–53, 2002.
- BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D. **Linear programming and network flows**. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2010.
- BELLUZZO, Luciano; MORABITO, Reinaldo. **Otimização nos padrões de corte de chapas de fibra de madeira reconstituída: um estudo de caso**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção, 2005.
- BNDES. **A indústria de implementos rodoviários e sua importância para o aumento da eficiência**. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2423/1/BS%2024%20%20A%20Ind%C3%BAstria%20de%20Implementos%20Rodovi%C3%A1rios%20e%20sua%20Import%C3%A2ncia%20para%20o%20Aumento%20da%20Efici%C3%A2ncia\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2423/1/BS%2024%20%20A%20Ind%C3%BAstria%20de%20Implementos%20Rodovi%C3%A1rios%20e%20sua%20Import%C3%A2ncia%20para%20o%20Aumento%20da%20Efici%C3%A2ncia_P.pdf). Acesso em: 1 abr. 2025.
- ESTEVES, E. F.; MOURA, L. S. **Avaliação de desperdícios e perdas de matéria-prima no processo produtivo de uma fábrica de bebidas**. Simpósio em Excelência e Gestão em Tecnologia, v. 7, p. 1–8, 2010.
- FORMÓBILE. **Importância do plano de corte na marcenaria e como fazer o seu**. FormóBILE Digital, 27 set. 2019. Disponível em: <https://digital.formobile.com.br/artigos/importancia-do-plano-de-corte-na-marcenaria-e-como-fazer-o-seu/>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- GAREY, M. R.; JOHNSON, D. S. **Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness**. 1979. Disponível em: <https://perso.limos.fr/~palafour/PAPERS/PDF/Garey-Johnson79.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOLDENSTEIN, Marcelo; ALVES, Marcelo de Figueiredo; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Dias de. **A indústria de implementos rodoviários e sua importância para o aumento da eficiência do transporte de cargas no Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2423/1/BS%2024%20%20A%20Ind%C3%BAstria%20de%20Implementos%20Rodovi%C3%A1rios%20e%20sua%20Import%C3%A2ncia%20para%20o%20Aumento%20da%20Efici%C3%A2ncia\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2423/1/BS%2024%20%20A%20Ind%C3%BAstria%20de%20Implementos%20Rodovi%C3%A1rios%20e%20sua%20Import%C3%A2ncia%20para%20o%20Aumento%20da%20Efici%C3%A2ncia_P.pdf). Acesso em: 6 mar. 2025.
- JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. Blanton. **Juran's quality handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999. Cap. 14.
- LOPES, Hérica Vanessa Amancio. **Aplicação do método 5S para o ganho de produtividade industrial**. Campinas: Universidade São Francisco, 2012.
- MARTIN, Mateus; YANASSE, Horacio Hideki; SANTOS, Maristela O.; MORABITO, Reinaldo. **Um modelo para o problema de empacotamento de bins bidimensional**

**guilhotinado 2-estágios com espalhamento de pedidos de clientes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL (SBPO), LV, 2023, São José dos Campos – SP.**

QUEIROZ, Thiago Alves de. **Algoritmos para problemas de corte e empacotamento.** 2010. [Tese de doutorado] – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

SILVA, Everton Fernandes da. **Modelos matemáticos para um problema de caminho de corte.** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. doi:10.11606/D.55.2016.tde-04102016-162035. Acesso em: 15 abr. 2025.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018. Cap 10, 17.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção: edição compacta. Tradução de Operation Management.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

VIANNA, Andréa Carla Gonsalves. **Problemas de corte e empacotamento: uma abordagem em grafo E/OU.** 2000. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2000.