

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

RENAN SEVERGNINI SILVA

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE COMPONENTES EM
CHAPAS METÁLICAS NO PROCESSO DE CORTE A PLASMA ATRAVÉS DO USO
DE SOFTWARE COMERCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2018**

RENAN SEVERGNINI SILVA

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE COMPONENTES EM
CHAPAS METÁLICAS NO PROCESSO DE CORTE A PLASMA ATRAVÉS DO USO
DE SOFTWARE COMERCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento Acadêmico de Mecânica – DAMEC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Me. Paulo Roberto Campos Alcover Junior

PONTA GROSSA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE COMPONENTES EM CHAPAS METÁLICAS NO PROCESSO DE CORTE A PLASMA ATRAVÉS DO USO DE SOFTWARE COMERCIAL

por

RENAN SEVERGNINI SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me.Paulo Roberto Campos Alcover Junior
Orientador

Prof. Me.Gabriel Nunes Maia Junior
Membro Titular

Prof. Dr.Marcos Eduardo Soares
Membro Titular

Prof.Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

**Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho**
Coordenador do Curso

Dedico este trabalho aos meus pais, Antônio Renato da Silva, Nara Luiza Severgnini Silva, à minha namorada Leidieine Stadler, amigos, colegas de curso e professores, em especial, o Professor Paulo Roberto Alcover, que todos os dias de forma direta ou indireta contribuiu para o meu desenvolvimento e crescimento acadêmico, profissional e pessoal, colaborando prontamente para a elaboração e conclusão deste trabalho de conclusão de curso.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador e amigo Prof. Me. Paulo Roberto Campos Alcover Junior, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala e amigos, especialmente à Marcelo e Marcos.

A toda a equipe da empresa na qual foi realizada o estudo, pelo recebimento, e paciência em fornecer todas as informações necessárias para a realização deste trabalho.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

SILVA, Renan Severgnini. **Proposta de Otimização na Distribuição de Componentes em Chapas Metálicas no Processo de Corte a Plasma Através do Uso de Software Comercial.** 2018. 77f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Com o surgimento de novas tecnologias de fabricação, se faz necessário uma redução cada vez maior dos custos de produção, tendo em vista uma maior competitividade de mercado. Com base nisto, tem-se o crescimento do uso de programas auxiliares para o corte de chapas metálicas. O objetivo do presente trabalho é comparar o arranjo automático e o arranjo manual em um software de agrupamento, comparando os custos de produção com ou sem otimização. Para devida comparação, foram utilizados os componentes de uma máquina agrícola de pré-limpeza, utilizando chapas de aço (AISI 1020) de sete diferentes espessuras. Para a análise de preços, realizou-se a média aritmética do valor encontrado em cotações de três empresas fornecedores de matéria prima diferentes. Após a conferência dos dados pela equipe de produção, os desenhos foram submetidos ao processamento pelo software ProNest 8® (Hypertherm), onde, os parâmetros de sangria foram estabelecidos através do manual do fabricante da máquina, as peças foram ajustadas através do modo *nesting* automático e do modo de plotagem manual, os resultados para ambos métodos foram obtidos diretamente do relatório de utilização de chapas, oriundo do software. Na chapa #18, não foi observado diferença no custeamento das técnicas. Já nas chapas #16, #14, #12, #10, 3/16" e 1/4, foram encontradas diferenças, representando cerca de 23% de redução do custo de produção.

Palavras-Chaves: Corte a Plasma. Arranjo Automático de Corte. Otimização de Corte.

ABSTRACT

SILVA, Renan Severgnini. **Proposal of Optimization in the Distribution of Metallic Components in the Process of Plasma Cutting Through the Use of Commercial Software.** 2018. 77p. Work of Conclusion Course (Graduation in Mechanical Engineering). Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2018.

The emergence of new manufacturing technologies means that production costs will need to be reduced constantly, in order to generate greater market competitiveness. The use of auxiliary programs for the cutting of sheet metal is therefore becoming increasingly necessary. This article's objective is to compare the automatic arrangement and the manual arrangement in a grouping software, comparing the manufacturing costs with and without optimization. For comparison purposes, the components of a pre-cleaning agricultural machine were used, using steel plates (AISI 1020) of seven different thicknesses. For the price analysis, the arithmetic mean of the value acquired in quotations from three different suppliers of raw material. After the data were checked by the production team, the drawings were submitted to processing by ProNest 8® software (Hypertherm), where cutting parameters were established according to the machine manufacturer's manual, the parts were adjusted through the automatic nesting mode and the manual plot mode, the results for both methods were obtained directly from the sheet utilization report from the software. In the 1.2 mm thickness metallic sheet, any difference was observed in the cost of the techniques. In the 1.5 mm, 1.9 mm, 2.65 mm, 3.35 mm, 4.75 mm and 6.35 mm thick sheets, differences were found, accounting for about 23% reduction in production costs.

Keywords: Plasma Cutting. Automatic Cutting Arrangement. Cut Optimization.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Umidade indicada para armazenagem de grãos.....	25
Tabela 2 - Velocidade de Corte e Corrente para Corte Plasma Mecanizado.....	33
Tabela 3 - Peças confeccionadas na Chapa de Espessura 1,2mm	40
Tabela 4 - Peças confeccionadas na Chapa de Espessura 1,5mm	40
Tabela 5 - Peças confeccionadas na Chapa de Espessura 1,9mm	41
Tabela 6 - Peças Confeccionadas na Chapa de Espessura 2,7mm	41
Tabela 7 - Peças Confeccionadas na Chapa de Espessura 3,35mm	42
Tabela 8 - Peças Confeccionadas na Chapa de Espessura 4,76mm	42
Tabela 9 - Peças Confeccionadas na Chapa de Espessura 6,35mm	42
Tabela 10 - Preço Médio das Chapas Utilizadas.....	43
Tabela 11 - Parâmetros do Software.....	44
Tabela 12 - Resultados Chapa #16.....	46
Tabela 13 - Resultados Chapa #14.....	47
Tabela 14 - Resultados Chapa #12.....	48
Tabela 15 - Resultados Chapa #10.....	48
Tabela 16 - Resultados para Chapa 3/16"	49
Tabela 17 - Resultados para Chapa 1/4"	50
Tabela 18 - Total por Modo	52

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Unidade de armazenamento de grãos.	17
Figura 2 - Fluxograma do processo da unidade de armazenamento de grãos.	18
Figura 3 - Distribuição de equipamentos e estruturas em uma unidade.	19
Figura 4 - Exemplo de Moega	21
Figura 5 - Máquina de pré-limpeza com capacidade de 120 toneladas/hora	23
Figura 6 - Fluxo de uma máquina de pré-limpeza.	24
Figura 7 - Secador de grãos.....	26
Figura 8 - Silo Metálico 1211.....	28
Figura 9 - Silo de Expedição Metálico.	29
Figura 10 - Transportadores de Grãos: Elevador de Canecas	30
Figura 11 - Montagem dos componentes	34
Figura 12 - Tocha de Plasma a Ar Comprimido.	35
Figura 13 - Máquina de Corte a Plasma Mecanizada.	36
Figura 14 - Fluxograma da Metodologia.....	38
Figura 15 - Formas Geométricas das Peças	60
Figura 16 - Plotagem Chapa #18	62
Figura 17 - Plotagem Chapa #16 Aut. (1/5).....	62
Figura 18 - Plotagem Chapa #16 Aut. (2/5).....	63
Figura 19 - Plotagem Chapa #16 Aut. (3/5).....	63
Figura 20 - Plotagem Chapa #16 Aut. (4/5).....	64
Figura 21 - Plotagem Chapa #16 Aut. (5/5).....	64
Figura 22 - Plotagem Chapa #16 Manual (1/5)	65
Figura 23 - Plotagem Chapa #16 Manual (2/5)	65
Figura 24 - Plotagem Chapa #16 Manual (3/5)	66
Figura 25 - Plotagem Chapa #16 Manual (4/5)	66
Figura 26 - Plotagem Chapa #16 Manual (5/5)	67
Figura 27 - Plotagem Chapa #14 Aut. (1/4).....	67
Figura 28 - Plotagem Chapa #14 Aut. (2/4).....	68
Figura 29 - Plotagem Chapa #14 Aut. (3/4).....	68
Figura 30 - Plotagem Chapa #14 Aut. (4/4).....	69
Figura 31 - Plotagem Chapa #14 Manual (1/3)	69
Figura 32 - Plotagem Chapa #14 Manual (2/3)	70

Figura 33 - Plotagem Chapa #14 Manual (3/3)	70
Figura 34 - Plotagem Chapa #12 Aut. (1/3).....	71
Figura 35 - Plotagem Chapa #12 Aut. (2/3).....	71
Figura 36 - Plotagem Chapa #12 Aut. (3/3).....	72
Figura 37 - Plotagem Chapa #12 Manual (1/3)	72
Figura 38 - Plotagem Chapa #12 Manual (2/3)	73
Figura 39 - Plotagem Chapa #12 Manual (3/3)	73
Figura 40 - Plotagem Chapa #10 Aut. (1/1).....	74
Figura 41 - Plotagem Chapa #10 Manual (1/1)	74
Figura 42 - Plotagem Chapa 3/16" Aut. (1/1)	75
Figura 43 - Plotagem Chapa 3/16" Manual (1/1)	75
Figura 44 - Plotagem Chapa 1/4" Aut. (1/2)	76
Figura 45 - Plotagem Chapa 1/4" Aut. (2/2)	76
Figura 46 - Plotagem Chapa 1/4" Manual (1/1)	77
Gráfico 1– Economia Total por Modo.....	52
Gráfico 2 - Economia Total por Chapa.....	53
Gráfico 3 – Comparação de Custo de Fabricação.....	54

LISTA DE SIGLAS

CAD Desenho Auxiliado por Computador

CNC Comando Numérico Computadorizado

SAE Society of Automotive Engineers

AISI American Iron and Steel Institute

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 AGRONEGÓCIO	16
2.2 UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS	17
2.2.1 Serviços nos Sistemas de Armazenamento de Grãos	19
2.2.2 Recebimento	20
2.2.3 Moega	20
2.2.4 Pré-Limpeza	21
2.2.5 Secagem	24
2.2.6 Limpeza.....	26
2.2.7 Armazenagem	27
2.2.8 Expedição.....	28
2.2.9 Transporte	29
2.3 CHAPAS DE AÇO CARBONO.....	31
2.3.1 Corte de Chapas de Aço Carbono	31
2.4 CORTE A PLASMA.....	32
2.4.1 Corte Plasma com Ar Comprimido	34
2.4.2 Tábua de Água e Mufla de água	35
2.4.3 Corte a Plasma Mecanizado – CNC.....	37
2.4.4 Softwares de Agrupamento	37
3 METODOLOGIA	38
3.1 CONFERÊNCIA DO PROJETO	39
3.2 ANÁLISE, SEPARAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE PEÇAS	39
3.3 ORÇAMENTO	43
3.4 PREPARAÇÃO PARA SIMULAÇÃO.....	43
3.5 SIMULAÇÃO NOS SOFTWARES DE AGRUPAMENTO	44
3.6 OBTENÇÃO DOS RESULTADOS	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 APROVEITAMENTO NA CHAPA #18.....	45
4.2 APROVEITAMENTO NA CHAPA #16.....	46
4.3 APROVEITAMENTO NA CHAPA #14.....	46
4.4 APROVEITAMENTO NA CHAPA #12.....	47

4.5 APROVEITAMENTO NA CHAPA #10.....	48
4.6 APROVEITAMENTO NA CHAPA 3/16"	49
4.7 APROVEITAMENTO NA CHAPA 1/4"	50
4.8 ECONOMIA TOTAL	51
5 CONCLUSÃO	55
6 REFERÊNCIAS.....	56
ANEXO A – Formas Geométricas das Peças.....	59
ANEXO B – Resultados de Plotagem.....	61

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio vem crescendo significativamente no Brasil, pode-se dizer que é o setor propulsor da economia brasileira. O maior destaque é dado para o setor de grãos, que tem alcançado, a partir do uso de tecnologias de ponta, recordes de produção. Entretanto, a capacidade de armazenamento de cereais, tais como milho, trigo e soja, não tem total conexão com este desempenho, gerando então perdas de valor econômico. O crescimento gradativo da produção destes produtos agrícolas, faz com que a capacidade total de armazenagem de grãos no Brasil não atenda à demanda proporcionada.

O processo de pós-colheita, muitas vezes é deixado de lado pelos produtores, que acabam aplicando os seus recursos no processo da produção, aplicando a maior parte de seus recursos na fase de produção. O grande problema desta aplicação, é que por não possuírem estruturas e equipamentos adequados para a realização da limpeza, seleção, secagem e armazenagem de grãos, estes produtores são obrigados a comercializarem seus produtos nas épocas de safra, quando a oferta dos mesmos é maior, atingindo assim, os menores preços e lhes proporcionando menores ganhos.

Para VINO (2013), um déficit de aproximadamente 40 milhões de toneladas poderá ser causado devido ao aumento de produção de grãos. A utilização de unidades completas, que suportam todo o processo de limpeza, secagem e armazenagem, se instaladas em fazendas de produtores e nos entrepostos de cooperativas industriais é um meio de minimizar este problema.

Sendo assim, a busca tanto por unidades completas quanto apenas equipamentos de limpeza armazenagem e secagem de produtos agrícolas vem aumentando nestes últimos anos, por este motivo, a concorrência entre as indústrias fabricantes destes equipamentos vem aumentando conforme esta demanda aumenta. Há então a necessidade de se ter um preço e qualidade destes equipamentos compatíveis com o mercado. Uma lógica muito simples pode ser adotada: quanto mais reduzir o custo de fabricação do produto, maior será a sua competitividade e o lucro da indústria.

Um dos processos mais utilizados para a fabricação de equipamentos de limpeza, secagem e armazenagem, é o corte de chapas. Geralmente, os componentes a serem utilizados nos equipamentos, não são do tamanho exato da chapa a ser comprada, podendo ter as mais diferenciadas formas geométricas. Sendo

assim, os processos convencionais de corte como por exemplo a guilhotina, não nos permite obter estas mais variadas formas. Se faz necessário então um equipamento que possibilite o corte de diversas formas geométricas e dimensões para a manufatura dos componentes. Pode-se citar entre eles, o corte a plasma, o corte por jato d'água, corte a laser, entre outros.

O processo de corte a Plasma CNC nos possibilita um corte rápido e de bom acabamento da superfície cortada. Segundo LIMA (2006), o corte a plasma surgiu em meados da década de 50, e tem sua utilização na indústria sendo aumentada gradualmente, podendo se cortar chapas de espessuras finas até de 25mm de espessura. Softwares de plotagem nos permitem programar o corte a ser realizado em determinada chapa, sendo assim, podemos analisar quanto da chapa virá a ser utilizada, e se podemos reaproveitar as suas sobras.

Um grande problema que o processo de corte nos traz é a sobra de material proveniente da chapa na qual o corte é realizado. Muitas das vezes, não há um planejamento de corte para os componentes, sendo assim, há muita perda de material, perda esta que vem a se tornar o que chamamos de sucata, porém, com a utilização de um planejamento prévio, pode-se aproveitar uma maior parte deste material para a fabricação, diminuindo assim o custo total do produto. Um problema muito comum entre as indústrias é a preferência de assumir as perdas ao invés de investir em estudos para a diminuição destas perdas durante um processo de corte, seja este por meio de softwares ou treinamentos.

Este presente trabalho de conclusão de curso será desenvolvido em uma indústria de máquinas que tem como principal atividade a produção de equipamentos de limpeza, secagem e armazenagem de grãos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Otimizar o aproveitamento de chapas a serem cortadas pelo processo de corte a plasma CNC visando redução de custo de produção dos componentes de uma máquina de pré-limpeza de grãos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Executar dois diferentes métodos do software de agrupamento a fim de comparar o arranjo automático e o arranjo manual;
- Comparar a diferença de custo entre as produções com e sem otimização;
- Analisar a viabilidade do uso do software para produção de outros equipamentos que utilizam este processo de corte para fabricação de seus componentes.

1.3 JUSTIFICATIVA

A partir de uma análise de uma plotagem automática realizada pelo software de agrupamento utilizado para o corte a plasma, se identificou uma grande utilização da chapa para os componentes a serem cortados, observando então que este aproveitamento poderia ser melhorado. Uma mudança no posicionamento das peças a serem cortadas, com pequenas alterações de rotação, pode gerar uma redução de custos, o que possui grande relevância para a empresa. A máquina de pré-limpeza produzida pela indústria, possui seus componentes com variados formatos de corte, portanto, é o equipamento que mais se utiliza o processo de corte a plasma CNC para a sua fabricação, por este motivo, foi o equipamento a ser estudado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para melhor entendimento do presente trabalho de conclusão de curso, este capítulo trata de uma breve revisão bibliográfica sobre a concepção de agronegócio, unidades de armazenamento de grãos, equipamentos utilizados no processo, corte de chapas metálicas.

2.1 AGRONEGÓCIO

Para MOTA (2015), o setor mais importante para a economia brasileira nestes últimos anos tem sido o agronegócio. A principal atividade do setor é a produção de grãos, tendo aumento gradativo de safras ano a ano, tornando assim o Brasil um grande competidor no mercado mundial, tendo influência até mesmo na formação de preços do mercado.

O agronegócio acaba por somar operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, as atividades de produção nas unidades agrícolas, o processamento e a distribuição de produtos agrícolas e os produtos provenientes destes suprimentos. (FERREIRA et al., 2001).

Segundo DAMBROSIO (2009) agronegócio no país se torna cada vez mais complexo e nos traz diferentes desafios novos, devido a inconstância do mercado atual, que nos proporciona uma grande alteração de preços dos produtos agrícolas em um curto prazo de tempo. Sendo assim, os produtores têm optado pela armazenagem de sua colheita em armazéns próprios, até que o tempo necessário para venda em um preço satisfatório seja atingido.

Serviços financeiros, de pesquisa e de assistência técnica se incluem como auxiliares ao agronegócio. A ideia de cadeia produtiva pode ser relacionada com o agronegócio, sendo totalmente dependentes. A agricultura depende diretamente de insumos adquiridos fora dos campos de produção, e de sua decisão sobre como, o que e quanto produzir, sendo assim, está diretamente ligada ao mercado consumidor. (MARTINI et al., 2009).

2.2 UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS

O ato de depositar ou armazenar um produto por tempo indeterminado com intuito e segurança de conservar as suas características qualitativas e quantitativas durante o período de estocagem, é denominado armazenagem (ZAGO, 2013).

A Figura 1 nos mostra um exemplo de uma unidade armazenadora de grãos completa.

Figura 1 - Unidade de armazenamento de grãos.



Fonte: Autoria Própria.

Segundo PUZZI (1977), uma unidade armazenadora de grãos se dá pelo aparelhamento destinado a receber uma determinada produção de grãos, o qual terá capacidade de conservar estes grãos em perfeitas condições para posteriormente redistribuí-los.

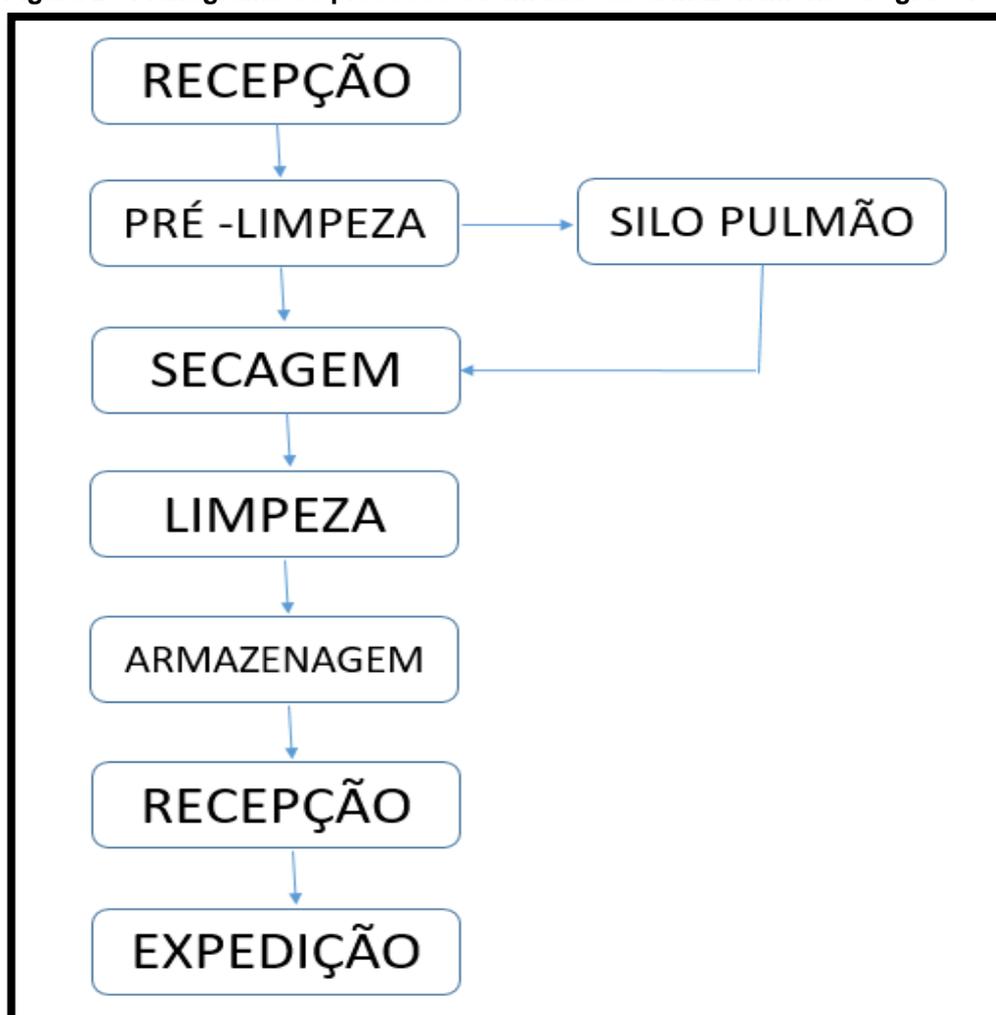
Para ANÁPOLIS (2004), estas unidades armazenadoras podem ser consideradas complexos agroindustriais formados de estruturas e recursos capazes de receber a produção de grãos, beneficiá-los, conserva-los em condições perfeitas de armazenamento e posteriormente redistribuí-los, seguindo em sequência estas

operações: pesagem, descarregamento, pré-limpeza, secagem, armazenagem e expedição.

O funcionamento destas unidades armazenadoras começa com o ato de receber os grãos em moegas graneleiras, passando então pelo processo de pré-limpeza para retirada de impurezas. Após esta etapa, os grãos seguem para a secagem, onde a umidade destes é reduzida por meio da passagem de ar aquecido. Então os grãos são armazenados em silos os quais garantem a conservação dos mesmos, podendo ficar por curtos ou longos espaços de tempo. Por fim, os grãos passam para a expedição para serem comercializados normalmente (MILMAN, 2002).

A Figura 2 representa o funcionamento de uma unidade armazenadora de grãos em forma de fluxograma.

Figura 2 - Fluxograma do processo da unidade de armazenamento de grãos.



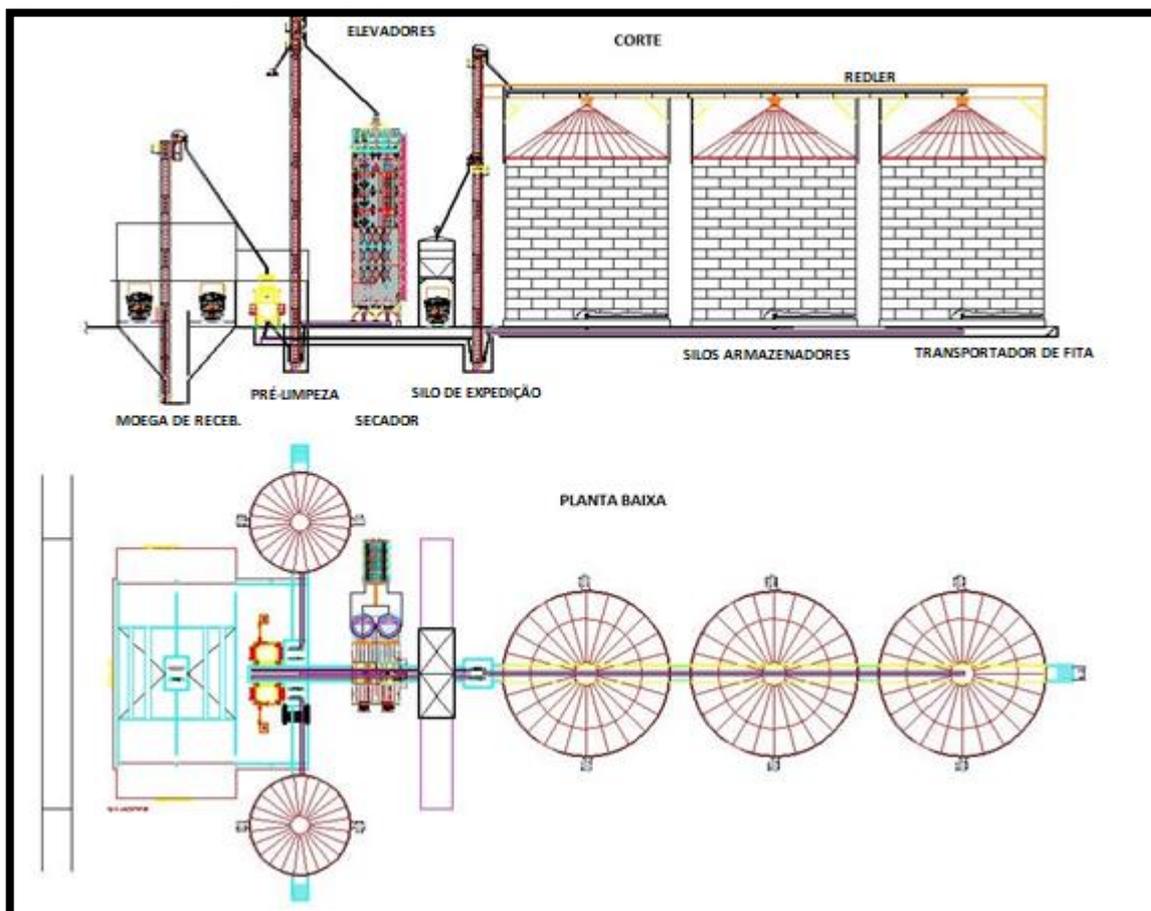
Fonte: Autoria Própria.

2.2.1 Serviços nos Sistemas de Armazenamento de Grãos

Segundo SILVA (2005), o ciclo de serviços de recebimento, limpeza, secagem, armazenamento e expedição faz parte de uma unidade armazenadora de grãos. Para um melhor funcionamento desta unidade, ela foi subdividida em 3 partes, sendo elas a parte estrutural, que contém a moega, o silo pulmão (se houver), e os silos armazenadores. Tem-se também a parte de máquinas, que são a pré-limpeza e secadores. Por fim tem-se o processo de transporte, o qual promove a locomoção dos produtos de um processo até o outro, e é realizado por elevadores de caneca, correntes transportadoras (*Redler*), roscas transportadoras e fitas transportadoras.

A Figura 3 mostra um layout de uma distribuição de equipamentos e estruturas em uma unidade de armazenamento de grãos.

Figura 3 - Distribuição de equipamentos e estruturas em uma unidade.



Fonte: Autoria Própria.

2.2.2 Recebimento

A parte inicial do processo de armazenamento de grãos se dá pelo recebimento dos grãos, onde é feita a pesagem do veículo de transporte e também retirada uma amostra dos grãos para a análise do teor de umidade e de impurezas por meio de coletores manuais ou pneumáticos, os quais fornecem uma maior confiabilidade na amostra, devido a capacidade de pegar uma quantia mais profunda e homogênea do produto que se encontra dentro do veículo transportador, já que no coletor manual, geralmente são pegadas quantias mais superiores ou muito inferiores devido ao curto alcance deste procedimento. (WEBER, 2005).

Para PIMENTEL (2015), esta etapa de recepção de grãos é de grande importância para o restante do processo, pois no momento de recepção é realizada a classificação dos grãos, o que proporciona a identificação da qualidade dos grãos que foram recebidos. Sendo assim, o operador sabe qual a atividade deve ser desempenhada para esta carga, por meio dos resultados da análise, que fornecem o percentual máximo de umidade e de impurezas contidas nesta carga.

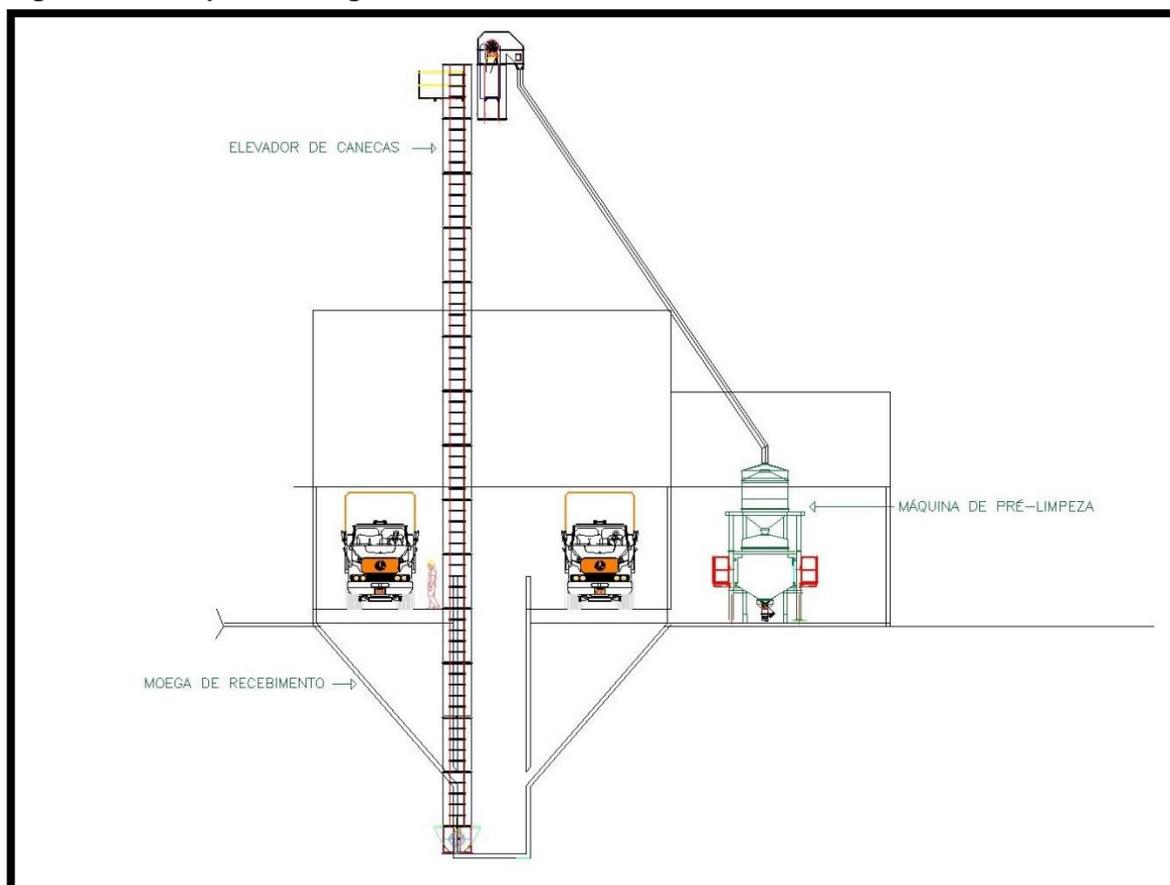
2.2.3 Moega

As moegas de recebimento de grãos são locais abertos para a passagem de veículos transportadores, e são os locais no qual os grãos são depositados. Estas moegas possuem um sistema de tubulações e túneis que possibilitam o transporte destes grãos para as próximas etapas de uma unidade armazenadora de grãos. Esta descarga de grãos pode ser realizada por meio de tombadores, compostos por uma plataforma hidráulica a qual eleva o veículo transportador e faz com que os grãos caiam diretamente na moega, ou podem ser retirados também por gravidade, por meio de registros localizados no fundo destes veículos, porém com um maior tempo necessário para o descarregamento total. (SILVA, 2005)

SLONGO et al. (2014) nos diz que estas moegas são geralmente construídas em formas cônicas para melhor recebimento do produto. Após sair das moegas de recebimento, o produto segue para a próxima etapa do processo, que em sua maioria se dá pelo processo de pré-limpeza dos grãos, sendo transportado até a máquina específica por meio de elevadores de caneca.

A Figura 4 nos traz uma melhor ideia de como geralmente é disposta a moega para com a próxima etapa do processo, a pré-limpeza de grãos. Por meio da Figura 4, é possível identificar o primeiro processo de transporte dos grãos, que é dado pela retirada do produto da moega por meio do elevador de canecas, e em seguida, despejado diretamente na máquina de pré-limpeza.

Figura 4 - Exemplo de Moega



FONTE: Autoria própria.

2.2.4 Pré-Limpeza

Os grãos não podem ser armazenados da maneira que eles são colhidos e recebidos da lavoura, mesmo que estejam em boas condições de processo, eles ainda são recebidos com um alto teor de impurezas e uma umidade fora do padrão necessário para a sua armazenagem, para isso temos que realizar alguns procedimentos para que este produto atinja as condições necessárias para seu armazenamento se tornar viável (WEBER, 2005).

Segundo DALPASQUALE (2002), primeiro destes processos, se dá pela retirada de impurezas contidas nos grãos, tais como terra, folhas, erva daninha, palha, cascas, restos culturais, grãos trincados, entre outros, sendo este processo denominado de pré-limpeza.

O valor técnico ideal, na prática, do percentual de impurezas para a conservação dos grãos quando armazenados, é de cerca de 1% apenas de impurezas. OS equipamentos utilizados para retirar estas impurezas, as separam de acordo com seus tamanhos, formas e pesos. Os métodos se dão por utilização de ar e de peneiras de diferentes malhas para a retirada destas impurezas. (WEBER, 2005).

Ainda para DALPASQUALE (2002), este processo de pré-limpeza mecanizada por meio de equipamentos pode ser subdividido em dois processos: ventilação e peneiração. O primeiro processo tem como principal objetivo a retirada de impurezas mais leves do produto, já a segunda, retira impurezas mais pesadas, que são separadas em peneiras de diferentes malhas, dependendo do produto a ser limpo.

Quanto mais efetivo for o equipamento, melhor será o processamento futuro do grão, pois conforme a melhor excelência desta operação, conseqüentemente mais efetiva será a operação de secagem do grão para redução de sua umidade, que é exatamente a próxima etapa do processo.

O funcionamento da máquina de pré-limpeza se dá pelo recebimento do material por meio da caixa de recebimento, onde é exposta a uma atuação de ventos, produzidas por um ventilador acoplado ao sistema, este ventilador retira as partículas mais leves e finas do produto.

Em sequência, o produto cai em uma série de peneiras de diferentes tamanhos de furos, dependendo diretamente do produto a ser beneficiado, possibilitando assim, a passagem de grãos e a retenção de partículas indesejadas. Estas partículas retiradas deste processo, são transportadas até um ciclone, e ficam armazenadas no mesmo até a sua limpeza, pois assim possibilita-se a devolução do ar para o ambiente com um baixo nível de impurezas. Esferas de borracha são utilizadas sobre estas peneiras vibratórias, com o intuito de mantê-las limpas, durante a sua oscilação.

O acionamento da máquina é dado por um motor ligado indiretamente a uma polia desbalanceada por meio de uma correia, que faz com que o deck desta máquina, (onde se encontram estas peneiras), que está suspenso por cabos de aço na estrutura da máquina entre em um movimento oscilatório, fazendo assim com que haja o escoamento do produto sobre estas peneiras.

A Figura 5 abaixo, nos mostra como é uma máquina de pré-limpeza produzida pela empresa na qual foi realizada o estudo.

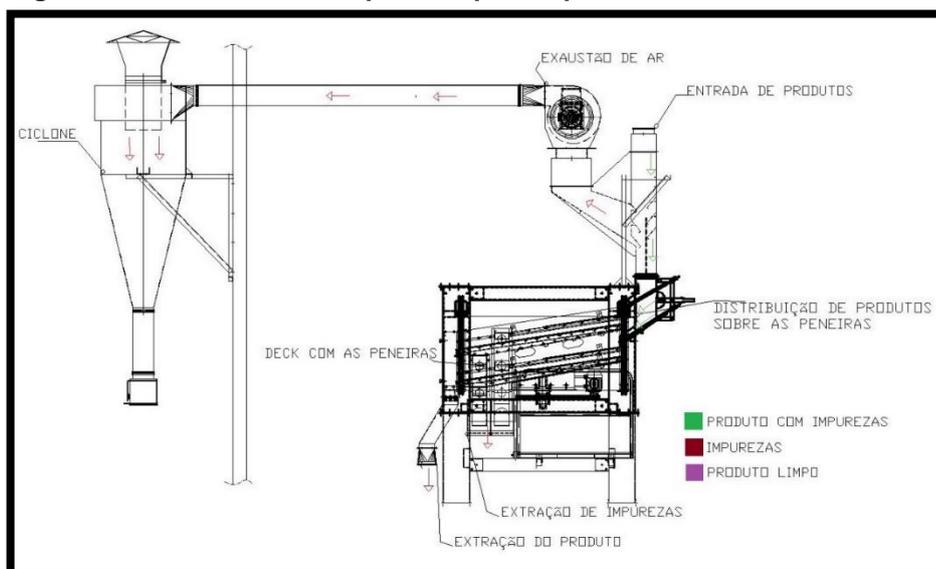
Figura 5 - Máquina de pré-limpeza com capacidade de 120 toneladas/hora



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 6 mostra uma esquematização de funcionamento geral da máquina, seu ciclo um pouco mais detalhado, onde pode-se observar o fluxo percorrido dos grãos, desde a sua entrada na máquina, quando ainda possui impurezas, e onde ocorre a limpeza destes grãos, tanto na caixa de ar onde há a exaustão de ar, retirando assim as impurezas mais finas contidas nos grãos, como quando estes passam pelas peneiras, fluindo então mais limpos para o próximo processo. Estas impurezas são retidas então e direcionadas a compartimentos especiais de armazenamento.

Figura 6 - Fluxo de uma máquina de pré-limpeza.



Fonte: Autoria Própria.

Em algumas unidades de armazenamento, pode-se encontrar uma máquina de pré-limpeza com capacidade maior que a do secador, portanto, para evitar a perda de tempo de maquinários funcionando, são instalados silos-pulmão, que são silos metálicos de fundo cônico e servem de armazenamento temporário para os grãos que saem da pré-limpeza e teriam de ir ao secador, porém o secador não oferece a capacidade necessária, sendo assim se faz necessário a armazenagem temporária destes grãos (SILVA, 2010).

2.2.5 Secagem

O próximo processo a ser realizado em uma unidade de armazenagem de grãos, é o processo de secagem, que conforme SILVA (2005), é o ato de utilizar-se de um tratamento térmico para a diminuição do teor de água do produto, reduzindo assim a sua umidade.

Novamente, a condição de recebimento do grão se faz importante nesta etapa, pois quanto maior a umidade inicial do grão, maior o tempo e conseqüentemente maior o custo para a secagem, podendo até deteriorar o mesmo, pois devido a secagem em alta temperatura, o produto pode sofrer alterações nas suas propriedades e acabar perdendo sua qualidade. (ZAGO, 2013).

Para isso, quem trabalha com secagem de grãos, deve saber conduzir corretamente todo o processo evitando afetar mecanicamente e termicamente o

produto, com o intuito de preservá-lo. É imprescindível o conhecimento de todo o equipamento, os recursos e regulagens dos sistemas de controle, o fluxo de ar e de grãos, entre outros (WEBER, 2005).

Segundo NETO (2007), a umidade das sementes pode variar de região para região do Brasil, pois são dependentes das condições climáticas. Diferentes tipos de grãos necessitam de diferentes umidades para estarem aptos a serem armazenados em boas condições, a Tabela 1 abaixo mostra as umidades necessárias para os principais produtos agrícolas produzidos em nosso país.

Tabela 1 - Umidade indicada para armazenagem de grãos

PRODUTOS	TEOR DE UMIDADE INDICADO
Soja	18%
Trigo	20%
Milho	26%
Arroz	24%
Sorgo	20%

Fonte: Ministério da Agricultura, 2010.

Para a realização desta secagem, são utilizados equipamentos chamados secadores, que podem ter diversas formas, porém o mais utilizado é o secador vertical, que recebe o fluxo de grãos em sua parte superior e os armazena em seu interior, e onde ocorre a passagem do ar quente vindo da parte inferior do secador, para a realização da secagem. Estes secadores são modulados e possuem dutos internos, pelos quais o ar passa e promove esta secagem, o ar quente é puxado por turbinas que se encontram nos difusores de ar do secador. Este ar quente é provido de uma fornalha localizada próxima ao secador, esta fornalha geralmente é acionada por queima de lenha ou gás. Equipamentos utilizados também no processo de secagem são difusores de ar, retentores de fagulhas, entre outros (SLONGO et al., 2014).

A Figura 7 a seguir nos mostra um secador, que é o principal elemento do processo de secagem de grãos.

Figura 7 - Secador de grãos.



Fonte: Aatoria Própria.

2.2.6 Limpeza

Segundo SLONGO et al. (2014), logo após a secagem, é necessário fazer uma limpeza do produto, pois ainda podem haver impurezas e grãos inapropriados para a comercialização. Sendo assim, a mesma máquina de pré-limpeza é utilizada, realizando o mesmo processo de retirada de impurezas por meio de fluxo de ar e de peneiras. Nesta etapa pós-secagem ocorre a retirada de grãos quebrados e muito pequenos, padronizando então o produto para armazenagem.

Após feita esta etapa, os grãos podem partir para a armazenagem.

2.2.7 Armazenagem

Depois dos processos de secagem e limpeza, o produto é transportado por meio dos equipamentos até uma estrutura de armazenamento. Diversos tipos de estruturas são utilizados para a armazenagem de grãos, desde silos metálicos, silos de madeira, silos de concreto e armazéns de grãos. Todas estas estruturas tem uma característica comum entre elas, que é a capacidade de preservar ao máximo as características do produto estocado. Isso só é possível utilizando-se a aeração, ou seja, a utilização do ar para manter a temperatura e umidade dos produtos constantes (ZAGO, 2013).

Segundo FERNANDES (2015), as estruturas mais utilizadas no Brasil para o armazenamento de grãos, são os silos metálicos cilíndricos de chapas corrugadas e cobertura cônica, devido a sua eficiência, baixo custo e fácil montagem, sejam estas em cooperativas ou agroindústrias.

Para a montagem destes silos metálicos, é necessária a edificação de fundações, e a montagem começa pela cobertura do silo, seguida do anel superior, e assim por diante, todas a nível normal, e sendo elevadas por meio de equipamentos especiais. No Brasil, temos a disponibilidade de silos metálicos de 18 a 35 000 toneladas. Estes silos são células de armazenamento individual com formato cilíndrico, e podem ser agrupadas recebendo então o nome de bateria de silos, o que proporciona uma maior capacidade de armazenagem na unidade (SILVA, 2010).

A Figura 8 a seguir representa um silo metálico instalado em uma unidade armazenadora de grãos situada no Paraná, é um silo de diâmetro Ø12 metros e tem 11 anéis de altura. Este silo comporta cerca de 1350,92 toneladas.

Figura 8 - Silo Metálico 1211.



Fonte: Aatoria Própria.

2.2.8 Expedição

Segundo SLONGO et al. (2014), o setor de expedição é a última etapa de uma unidade armazenadora de grãos, ou seja, é onde ocorre a retirada do produto dos silos armazenadores, para ser enviada a seu destino final por meio de veículos transportadores de grãos. Geralmente a expedição é provida de estruturas superiores, nas quais o veículo de transporte se porta abaixo da mesma para o seu carregamento. Estas estruturas superiores podem ser construídas de diversas formas, porem as mais comuns são os silos metálicos de expedição, os quais possuem uma estrutura metálica ou de concreto elevada. Estes silos possuem o fundo inclinado, pois propicia assim a caída do produto quando seu registro for aberto. Existem casos também os quais não existe esta estrutura de expedição, e o produto é despejado no

veículo transportador diretamente do silo, por meio de um elevador de canecas. A Figura 9 ilustra um silo de expedição.

Figura 9 - Silo de Expedição Metálico.



Fonte: Aatoria Própria.

2.2.9 Transporte

Os transportadores de grãos têm como função a interligação entre estruturas e maquinários em uma unidade de armazenamento de grãos. Este deslocamento de grãos que ocorre, pode se dar em variadas direções, horizontal, vertical e inclinadas (SILVA, 2005).

Para transportes verticais, são utilizados os chamados elevadores de caneca, os quais por meio de polias em suas extremidades, consegue elevar o produto por meio de canecas fixadas em uma correia. Os elevadores são dimensionados de acordo com o maquinário ou estrutura para o qual ele deve transportar o produto,

sendo assim, existem elevadores de variados tamanhos. A Figura 10 permite visualizar um elevador presente em uma unidade armazenadora de grãos.

Figura 10 - Transportadores de Grãos: Elevador de Canecas



Fonte: Autoria Própria

Segundo SILVA (2005), para transportes horizontais e inclinados, podem ser utilizados os transportadores de corrente, também conhecidos como *Redler*, que é constituído de uma corrente com pás situada dentro de uma estrutura metálica, possui igualmente duas extremidades motoras, a qual permite o transporte de produtos.

Tem-se também as Fitas Transportadoras, que são constituídas de 2 eixos motores em suas extremidades, e movem o produto em sua superfície superior. Temos também os transportadores helicoidais, que são constituídos de uma rosca sem fim com eixo central, alocada em uma calha ou tubulação, sendo assim, por meio de revoluções esta leva o produto até o seu destino.

2.3 CHAPAS DE AÇO CARBONO

Segundo VARGAS (2014) há uma infinita gama de aplicações para as chapas metálicas na indústria. Elas podem ser empregadas dependendo de suas características e composição. O principal setor de utilização e consumo destas chapas, é o setor metalúrgico, tendo em vista que as chapas são empregadas em praticamente todos os produtos produzidos. Existem muitos tipos e variedades de chapas conforme suas propriedades e composições químicas. A mais utilizada nos setores metalúrgicos é a chapa de aço carbono SAE 1020. Os perfis de chapa mais comuns no mercado, são as chapas propriamente ditas, tiras, cantoneiras, tubos e bobinas.

2.3.1 Corte de Chapas de Aço Carbono

O processo de corte de chapas metálicas pode ser realizado de diversas maneiras, dependendo diretamente da necessidade e estrutura que as empresas possuem, procurando sempre o mais viável para cada situação. Os principais processos de corte encontrados em empresas são o corte por guilhotina, tesoura, oxicorte, estampagem, jato de água, laser, estampo progressivo e o corte a plasma. Este último é o processo do qual se trata este trabalho.

Para BLUCHER (2004), o corte de chapas é realizado nas máquinas de corte, a qual se destina a separação de partes do material a ser processado. Sendo assim, o material removido geralmente é descartado como sucata, e possui o perfil da peça a ser cortada. Porém em casos especiais de corte otimizados, o material restante da peça a ser cortada pode ser reaproveitado, sendo considerado então uma peça aplicável, sendo reutilizada para cortes futuros.

2.4 CORTE A PLASMA

O processo de corte a plasma segundo LIMA (2006), teve origem na década de 50, e mesmo sendo um processo relativamente antigo, ele atualmente ainda é um dos métodos mais de corte de metais. Algumas dificuldades são encontradas neste processo de corte, por conta dos sistemas em geral, do ângulo de corte, de algumas inconsistências no processo e do elevado consumo de insumos, e por conta disto inviabilizava este processo até pouco tempo. Porém a partir de novas tecnologias desenvolvidas, obteve-se uma diminuição na gravidade de alguns problemas, tecnologias estas como as máquinas de plasma manual e por corte mecanizado, com auxílio de comando numérico computadorizado.

De acordo com ANGELI (2011), inicialmente o surgimento do corte a plasma se deu como uma alternativa ao corte por oxidação, ou oxicorte, devido a uma maior utilização de materiais como alumínio, cobre e aço inoxidável em indústrias, materiais os quais não podem ser cortados pelo processo do oxicorte devido as suas propriedades. Cita também que devido a velocidade maior de corte de chapas finas pelo processo de corte a plasma em comparação ao processo de oxicorte, torna se economicamente viável adquirir este processo para o corte de aços carbono convencionais.

Para JOAQUIM E RAMALHO (1996), o arco plasma é subdividido pelo tipo de transferência de corrente elétrica ocorrida. Quando esta flui entre o bocal da tocha e o eletrodo, é considerada como arco não-transferido. Quando a corrente elétrica flui entre a tocha plasma e a peça a ser cortada, recebe o nome de arco transferido. O mais usual, é o arco transferido, devido a sua maior eficiência de trabalho, pelo fato de que o arco está em contato direto com a peça.

O jato de plasma tem como princípio a expulsão do material, e é muito efetivo, proporcionando então uma superfície com uma boa precisão dimensional, bom acabamento e pequenas distorções. Este processo se utiliza de gases de plasma e de proteção de acordo com o material a ser cortado. Normalmente o gás mais utilizado como gás de plasma é o nitrogênio, e o seu gás de proteção pode ser dióxido de carbono para o corte de aços inoxidáveis e uma mistura de argônio e hidrogênio para o caso de alumínio. Algumas máquinas, como a citada neste estudo, tem a capacidade de utilizar o ar comprimido como seu gás de plasma. Este processo pode ser realizado

submerso em água, para os casos em qual o material não pode sofrer variações de algumas propriedades devido a alta temperatura (PIMENTA, 2013).

O processo de corte a plasma pode cortar aços das mais variadas espessuras, desde aços finos de 0.5mm até 50mm, e suas variáveis do processo são:

- Os gases utilizados;
- A taxa de Fluxo e Pressão dos gases;
- Distância entre a peça e o bico;
- Energia utilizada ou intensidade do arco.

O fluxo e pressão do gás, a distância do bico para com a peça e a velocidade de corte são ajustáveis. A Tabela 2 seguinte nos fornece a velocidade e a corrente necessária de trabalho para diferentes faixas de espessura de aço SAE 1020.

Tabela 2 - Velocidade de Corte e Corrente para Corte Plasma Mecanizado

Material	Espessura (mm)	Corrente (Ampères)	Velocidade de Corte (mm/min)
AÇO CARBONO SAE 1020	0,5	25	10540
	1,5	40	5600
	3,0	60	5400
	6,0	80	2700
	12,0	100	1500
	19,0	100	660
	25,0	100	460

Fonte: Adaptada de PIMENTA (2013).

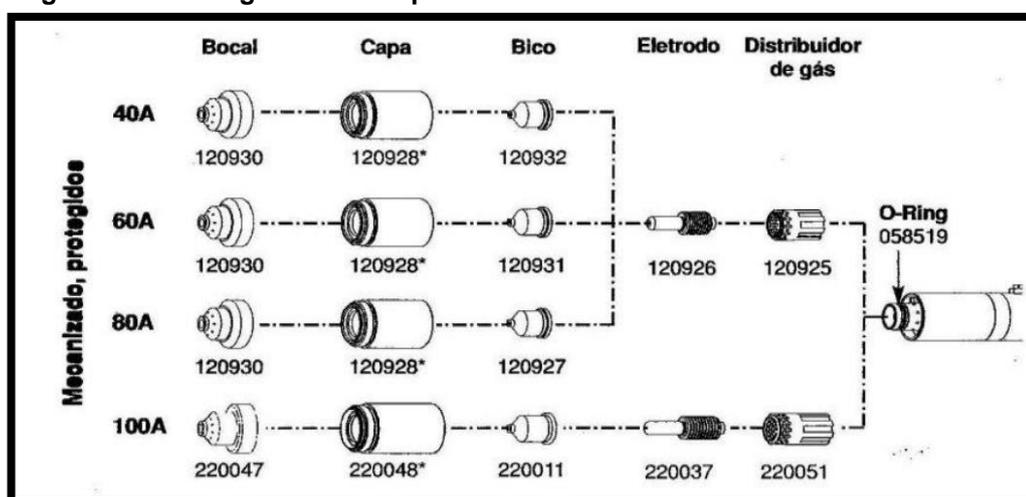
Os principais elementos constituintes do processo de corte a plasma são:

- **Tocha:** Tem como função a sustentação e o fornecimento de fluido de refrigeração para os demais componentes.
- **Difusor de Gás:** constituído de um material isolante, tem como objetivo fornecer um sentido rotacional para o gás.
- **Eletrodo:** Tem como principal função a condução de eletricidade até seu incerto de háfnio, sendo que este emite elétrons para conseguir gerar o gás plasma.
- **Bico:** A sua função é constringir o plasma e o “guiar” até o ponto de corte da superfície.

- **Capa:** Manter os consumíveis alinhados e isolar a parte elétrica do bocal frontal é a função deste componente.
- **Bocal:** Ponto extremo do conjunto, este tem como função o direcionamento do gás.

A Figura 11 representa a montagem dos elementos que constituem o funcionamento de uma máquina de corte a plasma para diferentes amperagens e com seus códigos para reposição.

Figura 11 - Montagem dos componentes



Fonte: Adaptado de Hypertherm (2003).

2.4.1 Corte Plasma com Ar Comprimido

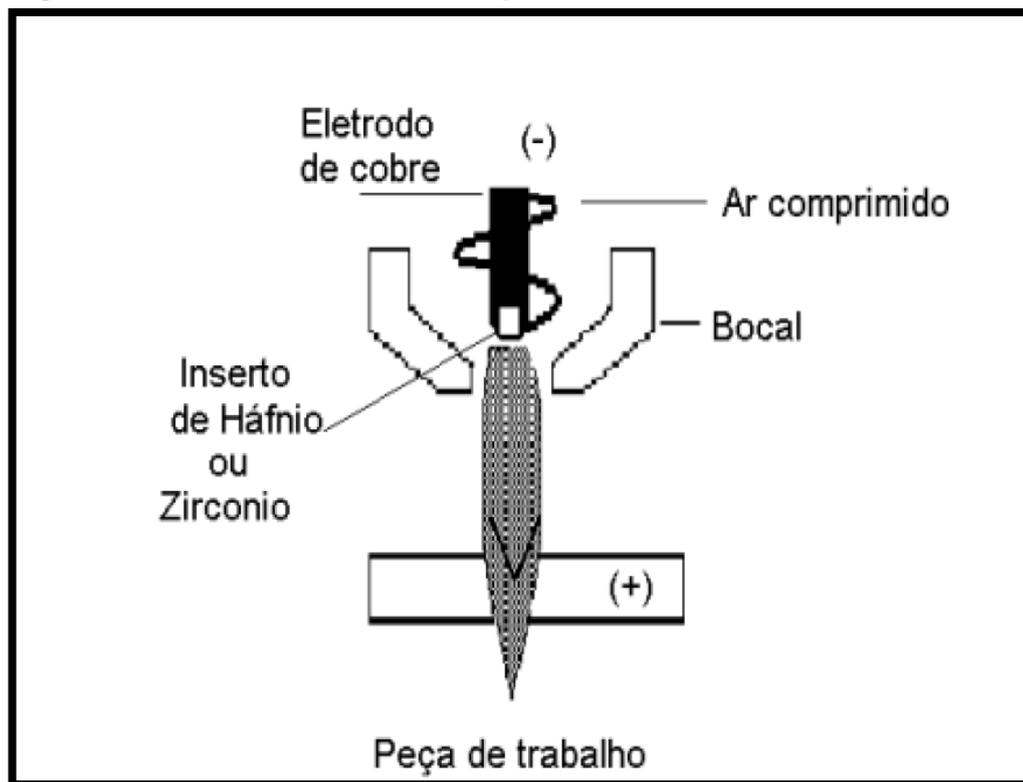
Segundo JOAQUIM E RAMALHO (1996), a principal inovação neste processo foi a adição de uma energia provinda de uma reação exotérmica do oxigênio contido no ar, que após ser injetado durante o processo de corte reage de uma forma exotérmica, fazendo com que a velocidade de corte proporcionada seja equivalente a 1,25% da velocidade conseguida no corte plasma utilizando o nitrogênio. Entretanto, o processo é mais adequado aos aços carbono, sendo a sua utilização em outros materiais viável, porém haverá uma queda na qualidade do corte dependendo do material a ser utilizado.

A maior desvantagem deste sistema, segundo JUNIOR (2009), é o extremamente elevado consumo de elementos utilizados durante o processo, como o

eletrodo e o bico. Os consumíveis mais indicados para este processo são os eletrodos a base de zircônio, háfnio ou suas ligas, pois os mais comuns, a base de tungstênio, tendem a deteriorar mais rapidamente devido as condições exigidas por este processo.

A Figura 12 nos mostra um exemplo da composição de uma tocha de corte a plasma com ar comprimido.

Figura 12 - Tocha de Plasma a Ar Comprimido.



Fonte: ANGELI (2011).

2.4.2 Tábua de Água e Mufla de água

Quando o processo de corte a plasma é aplicado, eles acabam gerando alguns problemas adicionais, analisando do ponto de vista social e ambiental. Devido a sua elevada taxa de concentração de energia, este processo acaba produzindo gases nocivos, o que requer ambiente ventilado. O nível de radiação ultravioleta alto, o que pode acarretar em queimaduras de pele e retina, exigindo assim a utilização de vestimenta adequada e óculos de proteção, e produz também um ruído de alto nível devido as altas correntes, sendo assim, necessita de protetores auriculares de bom

isolamento. Com todos estes pontos desfavoráveis ao processo, foram desenvolvidos então dois modos de operação que trabalham em conjunto, estes são a tábua de água e a mufla de água. A tábua de água se trata de uma banca com um reservatório de água que se localiza abaixo da peça a ser cortada e tem como principal objetivo absorver os gases nocivos do processo, e a diminuição do ruído provocado. Já a mufla de água, cria uma barreira de isolamento, funcionando como uma espécie de barreira a luminosidade excessiva e também as partículas sólidas, o que acaba diminuindo razoavelmente a radiação ultravioleta gerada pelo processo.

A Figura 13 mostra a máquina de corte a plasma mecanizado, a qual foi utilizada para a realização do presente trabalho de conclusão de curso, que é composta de mufla de água, tabua de água, e tem seu corte por plasma com ar comprimido.

Figura 13 - Máquina de Corte a Plasma Mecanizada.



Fonte: Autoria Própria.

2.4.3 Corte a Plasma Mecanizado – CNC

As máquinas de corte a plasma mecanizadas, geralmente são controladas por uma central CNC – Comando Numérico Computadorizado, que nos proporciona uma gama muito grande de possibilidades de corte das mais variadas formas geométricas com uma ótima precisão. Estas máquinas trabalham em 3 eixos, X, Y e Z, que nos proporciona configurar o seu deslocamento bidimensional, e a altura do bico para posicionamento de corte.

2.4.4 Softwares de Agrupamento

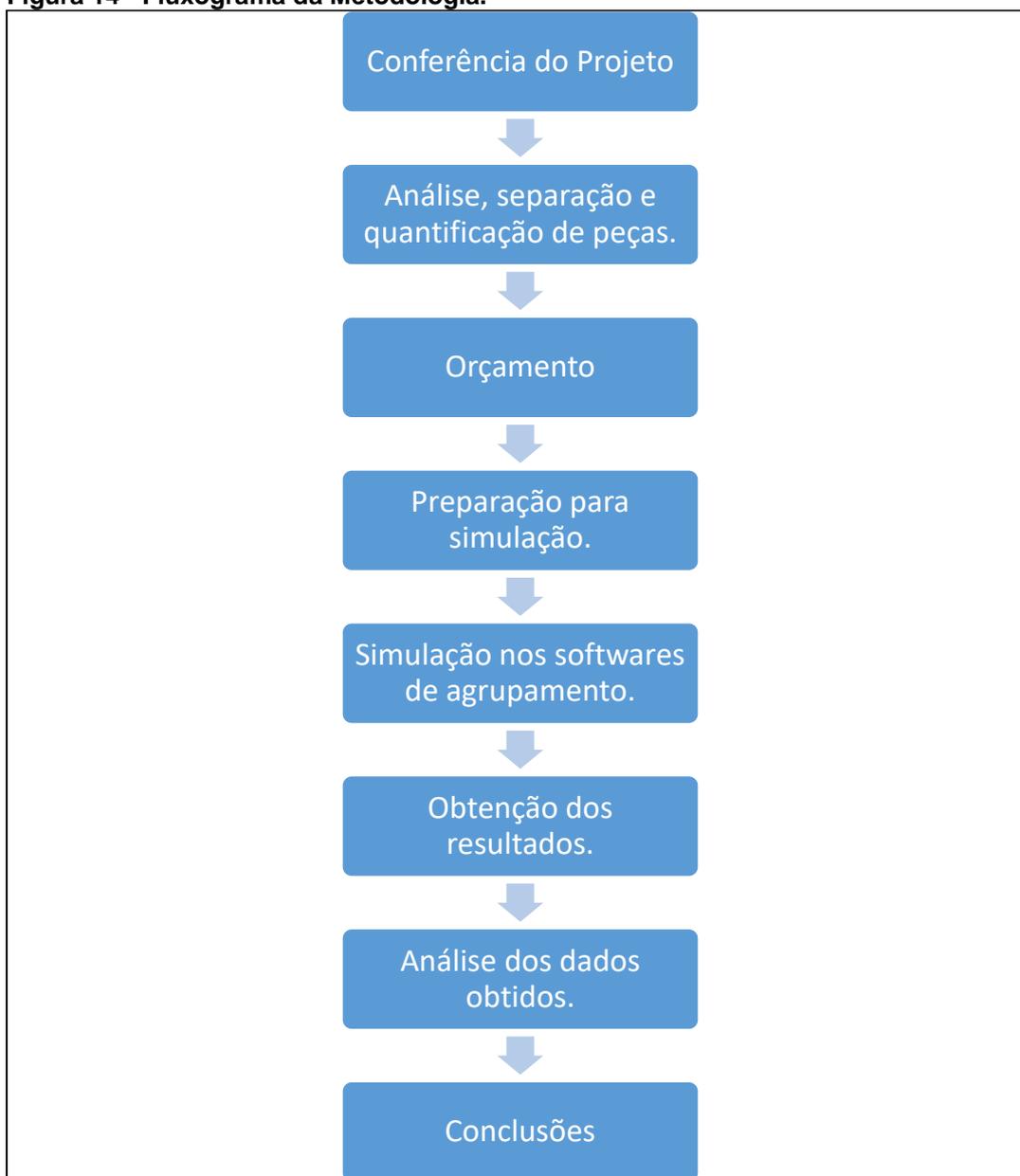
Existem no mercado softwares de auxílio para máquinas de corte mecanizadas, são os chamados softwares de agrupamento. Estes softwares têm como principal função, o auxílio da manufatura por meio de computador. O seu funcionamento se dá pela colocação e agrupamento de variadas peças em uma chapa, como uma espécie de plotagem, para que assim possa ser analisado o aproveitamento de chapa mais adequado para o corte requerido. Estes softwares utilizam-se dos modelos de CAD e CAM para seu funcionamento, e por meio destas formas adquiridas, fazem a distribuição de todas as peças selecionadas em uma ou mais chapas metálicas, em uma simulação. Estes softwares também geram o comando numérico para execução na máquina, o que facilita a programação das máquinas CNC. Sendo assim, auxiliam na diminuição de custos operacionais, como economia de material, intensificação de produção e aumento de qualidade.

Alguns parâmetros são importantes para a realização da plotagem nestes softwares de agrupamento, são eles, a distância entre as peças, a distância entre a peça e a borda da chapa, a largura de corte e a distância entre a peça e a perfuração. Estes parâmetros são necessários para evitar a interferência entre peças, tendo em vista que no momento do contato da tocha, há uma perfuração na chapa a qual pode provocar um corte indesejado em peças próximas ao corte.

3 METODOLOGIA

Para um melhor entendimento de todo o processo que foi realizado para a execução deste estudo, a Figura 14 mostra uma breve apresentação do passo a passo do desenvolvimento deste estudo, em forma de fluxograma. Posteriormente, alguns dos tópicos contidos neste fluxograma serão explicados separadamente.

Figura 14 - Fluxograma da Metodologia.



Fonte: Autoria Própria.

3.1 CONFERÊNCIA DO PROJETO

Primeiramente, fez-se a conferência do projeto como um todo. Juntamente a equipe de produção da empresa, foram analisados todos os desenhos do projeto da máquina de pré-limpeza de capacidade 60 toneladas por hora, com o intuito de analisar se havia alguma alteração necessária a ser realizada em algum componente para a montagem desta máquina. Algumas questões foram levantadas e a alteração de algumas peças se fizeram necessárias, devido a maior facilidade de fabricação e montagem do equipamento. Sendo assim, todos os desenhos que necessitavam de alteração foram devidamente modificados, dando sequência a nossa próxima etapa do processo.

3.2 ANÁLISE, SEPARAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE PEÇAS

O próximo procedimento realizado, foi a análise de cada peça de chapa metálica que compõe o projeto da máquina de pré-limpeza, a fim de definir o processo de fabricação o qual estas serão submetidas, separando então todas as peças com formato geométrico inadequado para a realização do corte na guilhotina, o outro meio de corte que é utilizado para a fabricação do equipamento, se fazendo então necessária a fabricação destas peças por meio do corte a plasma CNC.

Obteve-se nesta separação um grande número de peças a serem destinadas ao corte a plasma CNC, o número exato de peças distintas são 69, com variadas espessuras de chapa necessárias. Os formatos de todas estas peças se encontram no Anexo A. Sendo assim, foi realizada mais uma separação destas peças selecionadas, levando em conta a espessura de chapa a ser utilizada para a fabricação de cada peça, com o intuito de facilitar o posterior agrupamento em software, tendo em vista que foram colocadas todas as peças de mesma espessura para o agrupamento automático, e o software então nos fornece a quantidade necessária de matéria prima e a disposição dos componentes para a fabricação.

Em seguida, foram feitas tabelas com o intuito de estabelecer as diferentes espessuras de chapa metálica a serem utilizadas, levando em conta cada peça que necessita do corte a plasma CNC, e a sua quantidade para a fabricação de uma

máquina de pré-limpeza de capacidade 60 toneladas por hora, facilitando assim a posterior utilização do software de agrupamento.

A tabela 3 apresenta a única peça a ser confeccionada em chapa SAE1020 de espessura 1,2mm, popularmente conhecida como Chapa #18.

Tabela 3 - Peças confeccionadas na Chapa de Espessura 1,2mm

Peça	Nome da Peça	Quantidade
1	Calha de Impureza	2

Fonte: Autoria Própria.

Na tabela 4 subsequente, pode-se observar as peças a serem produzidas em chapa metálica SAE1020 de espessura 1,5, também conhecidas como Chapa #16.

Tabela 4 - Peças confeccionadas na Chapa de Espessura 1,5mm

Peça	Nome da Peça	Quantidade
2	Cone do Ciclone	3
3	Chapéu Chinês Ø410	1
4	Chapéu Chinês Ø680	1
5	Teto do Cilindro	1
6	Fechamento do Bocal	1
7	Bica de Saída Primeira	4
8	Bica de Saída Complemento	4
9	Bica de Saída Frontal	2
10	Bica de Saída de impureza Fina Inferior	2
11	Bica de Saída de impureza Fina Superior	2
12	Entrada de Ar da Caixa	1
13	Traseira da Caixa de Ar	1
14	Entrada de Produto Caixa de Ar	1
15	Entrada com Visor Caixa de Ar	1

Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 5 tem as informações sobre as peças de espessura de chapa SAE1020 1,9mm, também conhecidas como Chapa #14.

Tabela 5 - Peças confeccionadas na Chapa de Espessura 1,9mm

Peça	Nome da Peça	Quantidade
16	Lateral Inferior	2
17	Lateral da Moega	2
18	Bica de Ensaque Primeira	1
19	Bica de Ensaque Lateral	2
20	Bica de Ensaque Complemento	1
21	Bica Lateral Maior	2
22	Bica Lateral Menor	2
23	Lateral da Caixa de Ar	2
24	Cone do Rotor	1
25	Lateral do Deck	2
26	Prolongador da Bica	2
27	Suporte do Sensor	1
28	Complemento do Suporte do Sensor	1
29	Suporte Triângulo	2

Fonte: Aatoria Própria.

A chapa SAE1020 de espessura 2,7mm ou Chapa #12 também é utilizada para a confecção de algumas peças, estas estão detalhadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Peças Confeccionadas na Chapa de Espessura 2,7mm

Peça	Nome da Peça	Quantidade
30	Chapa Visor	1
31	Reforço Frontal	1
32	Reforço Interior Fechamento Traseiro	1
33	Regulador de Fluxo	4
34	Complemento da Bica	2
35	Complemento da Passarela	4
36	Flange do Ventilador	1
37	Lateral Esquerda do Ventilador	1
38	Lateral Direita do Ventilador	1
39	Lateral Assoalho Inferior	2
40	Tampa Superior do Deck Aberta	1
41	Tampa Superior do Deck Fechada	1
42	Tampa Traseira	1
43	Transição de Saída	2

Fonte: Aatoria Própria.

Existem apenas 2 componentes fabricados na chapa SAE1020 com espessura de 3,35mm, também conhecida como Chapa #10 e estão indicados na Tabela 7.

Tabela 7 - Peças Confeccionadas na Chapa de Espessura 3,35mm

Peça	Nome da Peça	Quantidade
44	Complemento do Fundo Oscilante	4
45	Suporte da Passarela	4

Fonte: Aatoria Própria.

Na Tabela 8 temos as informações referentes as peças produzidas na chamada Chapa de 3/16", que possuem a espessura de 4,76mm.

Tabela 8 - Peças Confeccionadas na Chapa de Espessura 4,76mm

Peça	Nome da Peça	Quantidade
46	Base Sapata Ciclone	4
47	Suporte Menor da Passarela	4
48	Suporte Duplo	2
49	Apoio da Moega	1
50	Base do Módulo de Acionamento	2
51	Paleta do Ventilador	12
52	Suporte da Bica de Saída do Produto	2
53	Suporte Travessa Interna	2
54	Trava	2

Fonte: Aatoria Própria.

A tabela 9 se refere as peças confeccionadas por meio da chapa SAE1020 de espessura 6,35mm, ou também chamadas de chapas de 1/4".

Tabela 9 - Peças Confeccionadas na Chapa de Espessura 6,35mm

Peça	Nome da Peça	Quantidade
55	Sapata Superior do Pé	12
56	Sapata Inferior do Pé	4
57	Chapa de Reforço da Chapa Superior	2
58	Base do Motor	1
59	Base do Motor do Ventilador	1
60	Disco do Rotor	1
61	Encaixe do Gancho	4
62	Fundo Oscilante	1

Fonte: Aatoria Própria.

3.3 ORÇAMENTO

Após a realização da separação de todas as peças e suas determinadas espessuras, foi realizado então uma pesquisa de custo médio de cada material a ser utilizado. Para esta etapa, foram contatados os três principais fornecedores de chapas metálicas da empresa. Com os valores estimados, foi realizada então uma média aritmética para a definição do preço médio de cada chapa em sua determinada espessura. Todas as chapas cotadas, tem a mesma dimensão de comprimento e largura, sendo seus diferenciais, apenas a espessura. As dimensões comuns destas chapas são 3000 x 1200mm, e todas do mesmo material, Aço SAE1020.

A tabela 10 apresenta o preço médio por kg de cada chapa metálica.

Tabela 10 - Preço Médio das Chapas Utilizadas.

ESPESSURA (mm)	DIMENSÃO	PESO POR CHAPA (Kg)	R\$/Kg (com 5% de imposto)
1,2	3000 x 1200	34,56	R\$4,08
1,5	3000 x 1200	43,2	R\$4,08
1,9	3000 x 1200	54,72	R\$3,73
2,7	3000 x 1200	77,76	R\$3,64
3,35	3000 x 1200	96,48	R\$3,62
4,76	3000 x 1200	108	R\$3,57
6,35	3000 x 1200	182,88	R\$3,57

Fonte: Autoria Própria.

3.4 PREPARAÇÃO PARA SIMULAÇÃO

A próxima etapa realizada foi a preparação para a simulação. Nesta etapa, foram preparados os arquivos de desenho referentes as peças a serem simuladas nos softwares de agrupamento. Esta preparação, consiste em “limpar” os desenhos, retirando assim as suas cotas e linhas sobrepostas, para que o software de agrupamento seja capaz de fazer o reconhecimento destas peças, de acordo com os seus contornos. Para isto, a utilização de softwares de desenho em CAD se faz necessária. Os formatos aceitos pelos softwares de agrupamento são o dwg (mais comum) e o dxf, ambos contendo apenas o contorno da peça a ser simulada.

3.5 SIMULAÇÃO NO SOFTWARE DE AGRUPAMENTO

O software utilizado pela empresa é o ProNest 8®, da fabricante Hypertherm. Sendo assim, foi selecionada então a opção de corte a plasma CNC, para então definirmos alguns parâmetros, estes parâmetros são a sangria, que determina a entrada da tocha na chapa, a distância mínima entre um corte e outro, e também a distância mínima das bordas da chapa para o corte. O manual do fabricante da máquina de corte a plasma CNC ROJIMAC, Standard CNC CUT tem as suas considerações e indica a utilização ideal destes valores, os quais foram utilizados em todos os testes realizados, para as diferentes espessuras e modos de agrupamento. A Tabela 11 indica os valores destes parâmetros utilizados, para os dois casos, tanto no agrupamento automático que o software nos oferece, e também no agrupamento manual realizado pelo mesmo software.

Tabela 11 - Parâmetros do Software

PARÂMETRO DE CORTE	VALOR (mm)
Largura de Corte	2
Distância peça - peça	5
Distância peça - borda	5
Distância peça - perfuração	5

Fonte: A autoria Própria

3.6 OBTENÇÃO DOS RESULTADOS

A obtenção dos resultados, foi dada diretamente pelo software de agrupamento. Este software gera automaticamente um relatório de utilização de chapas, com uma plotagem das peças em cada chapa, tanto no modo de *nesting* automático, quanto no modo manual de plotagem, o que facilita a melhor visualização da quantidade de chapa necessária para cada espessura, analisando o posicionamento e o arranjo de cada peça, e o espaço útil de sobra de cada chapa a ser cortada, uma vez que quanto maior a área útil restante, melhor o aproveitamento futuro do material. Esta área útil é dada pelas dimensões das sobras das chapas, ou seja, a área não utilizada para o corte, que poderá ser reaproveitada para fabricação de componentes variados de outros equipamentos. Para a mensuração desta área útil, são considerados apenas as sobras de maior porte e com formato retangular.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados obtidos pelo software e que estão citados neste tópico, se encontram no Anexo B.

Para a análise geral, nos casos em que o número de chapas total de uma determinada espessura, com e sem a otimização forem iguais, foi considerada a sua economia visando a área útil de sobra de chapa. Esta área útil, diz respeito a uma área que pode vir a ser reaproveitada para fabricação posterior de outros componentes. Esta área útil, deve ter uma forma geométrica retangular, e apenas será considerada útil, em casos em que esta área tenha dimensão maior do que $0,7\text{m}^2$. Áreas retangulares que se interceptam, são consideradas úteis e como apenas um elemento, desde que satisfaçam a área mínima considerada. Áreas de formato não retangular, como cantos oblongados, ou com curvas, foram automaticamente classificados como sucata, ou seja, não podem ser reutilizados para fabricações posteriores de quaisquer elementos, portanto não são consideradas para o cálculo de economia. As áreas úteis consideradas para estes casos estão expostas no anexo B, juntamente aos resultados de plotagem obtidos.

Já nos casos em que há uma diferença na quantidade geral de chapas para uma determinada espessura, esta área útil de sobra de chapas foi desconsiderada, uma vez que a economia é dada de forma direta, em uma necessidade menor de material para executar a mesma função.

4.1 APROVEITAMENTO NA CHAPA #18

Para a chapa de espessura 1,20mm, as simulações nos modos automático e manual, foram semelhantes, ou seja, obteve-se o mesmo aproveitamento da chapa, neste caso uma área de $2,43\text{ m}^2$. Isto se deu devido ao pequeno número de peças a serem fabricadas com esta espessura de chapa, sendo assim, nenhuma melhoria foi notada. Portanto, não houve nenhuma alteração de custeamento em relação à chapa #18.

4.2 APROVEITAMENTO NA CHAPA #16

No estudo realizado para a chapa #16, podemos observar uma diferença no aproveitamento de chapas. Em ambas as situações, nota-se que a quantidade necessária de chapas para a fabricação de todos os componentes é igual, neste caso 5 chapas inteiras. Porém, analisando as suas áreas úteis, consegue-se ver, no Anexo B, que a área útil do método de arranjo manual é maior, nos proporcionando assim um melhor aproveitamento da chapa. A Tabela 12, nos mostra as dimensões de área útil para cada caso, nos fornecendo também o custo total de chapas e a economia com a utilização da otimização do aproveitamento para o caso da chapa de espessura 1,5mm. As áreas úteis em ambos os casos, estiveram presentes apenas na última chapa a ser utilizada.

Tabela 12 - Resultados Chapa #16

#1,5	ARRANJO AUTOMÁTICO	ARRANJO MANUAL
TOTAL DE CHAPAS	5	5
CUSTO TOTAL (R\$)	R\$881,28	R\$881,28
ÁREA ÚTIL (m ²)	2,16	2,96
ECONOMIA NO APROVEITAMENTO		R\$38,80

Fonte: Autoria própria

Consegue-se observar então, que com a utilização da otimização de corte a plasma para os componentes fabricados na chapa #16, obteve-se uma economia em relação a sua área útil, ou seja, a sobra de chapa proveniente de fabricação destes componentes que poderá ser reutilizada para fabricação de outros componentes futuramente possui uma área de 0,8 m² maior do que a sobra de chapa restante da proposta pelo arranjo automático do software, possibilitando assim a confecção de componentes de maiores dimensões. Este ganho de área útil, gera uma economia de R\$38,80, de um total de R\$881,28, ou seja, cerca de 4,5% de economia.

4.3 APROVEITAMENTO NA CHAPA #14

Os resultados obtidos para as simulações realizadas com e sem otimização para a chapa de espessura 1,9mm nos trazem uma diferente interpretação. Neste caso, pode-se observar que o número total de chapas necessárias para a fabricação

de todos os componentes diverge, sendo assim, a sua economia é dada diretamente pela diminuição de custo de compra de matéria prima. Mesmo com uma área útil de grandes dimensões em uma das chapas do método sem otimização, esta deve ser desconsiderada. A Tabela 13 nos fornece os resultados obtidos, desconsiderando as áreas úteis, e considerando apenas a economia de modo que o total de chapas necessárias para o método com otimização foi menor do que para o método sem otimização.

Tabela 13 - Resultados Chapa #14

#1,9	ARANJO AUTOMÁTICO	ARRANJO MANUAL
TOTAL DE CHAPAS	4	3
CUSTO TOTAL (R\$)	R\$816,42	R\$612,32
ÁREA ÚTIL (m ²)	0	0
ECONOMIA NO APROVEITAMENTO		R\$204,11

Fonte: Autoria própria

Para o caso da chapa #14, a economia foi mais relevante se comparada a economia obtida para a chapa #16. O custo total de chapas para o método sem otimização é de R\$816,42, já para o método com otimização, este custo passa a ser R\$612,32, o que acarreta em uma diminuição de custo de R\$204,11, aproximadamente 25% de economia.

Pode-se observar que apenas com o remanejamento dos componentes, sendo em sua rotação e disposição, conseguiu-se obter um melhor aproveitamento de espaços, reduzindo assim a necessidade de uma chapa a mais para a fabricação dos mesmos.

4.4 APROVEITAMENTO NA CHAPA #12

Para as chapas de espessura 2,65mm, a quantidade geral de chapas necessárias para a confecção dos componentes da máquina de pré-limpeza foi igual para ambos os casos, com e sem a otimização de corte. Sendo assim, foram analisadas as suas áreas úteis de sobra de chapa, conforme os requisitos citados anteriormente. Novamente obtivemos uma melhoria considerável quanto ao aproveitamento da chapa. A Tabela 14 nos traz os resultados obtidos referentes a chapa #12.

Tabela 14 - Resultados Chapa #12

#2,65	ARANJO AUTOMÁTICO	ARRANJO MANUAL
TOTAL DE CHAPAS	3	3
CUSTO TOTAL (R\$)	R\$833,41	R\$833,41
ÁREA ÚTIL (m ²)	1,18	2,18
ECONOMIA NO APROVEITAMENTO		R\$77,42

Fonte: Autoria própria

Como pode-se observar, novamente apenas com o remanejamento de seus componentes obteve-se um melhor aproveitamento de chapas, utilizando um espaço menor para a fabricação dos componentes necessários. A área útil proveniente do processo de corte, teve um ganho de 1m², o que fornece uma economia de R\$77,42. Se comparado ao custo total de chapas #12 necessárias para esta fabricação, temos aproximadamente uma economia de aproximadamente 9,3%.

4.5 APROVEITAMENTO NA CHAPA #10

As simulações realizadas para os componentes fabricados em chapas de espessura 3,35mm, tanto para o arranjo automático do software, quanto para o arranjo manual realizado, nos forneceram uma quantidade de chapas a serem utilizadas semelhante em ambos os casos. Sendo assim, se fez necessária a quantificação de suas áreas úteis para obter os resultados de economia no aproveitamento de chapas. A Tabela 15 nos fornece os resultados obtidos para as chapas #10, indicando as áreas úteis em cada caso, e a sua economia relativa.

Tabela 15 - Resultados Chapa #10

#3,35	ARANJO AUTOMÁTICO	ARRANJO MANUAL
TOTAL DE CHAPAS	1	1
CUSTO TOTAL (R\$)	R\$349,26	R\$349,26
ÁREA ÚTIL (m ²)	1,65	2,17
ECONOMIA NO APROVEITAMENTO		R\$50,51

Fonte: Autoria própria

Para ambos os casos, há a necessidade de apenas uma chapa, porem observa-se então que com o remanejamento de seus componentes, novamente se obteve uma diferença na área útil aproveitável em ambos os casos. Mais uma vez, o arranjo manual realizado nos fornece um melhor aproveitamento de chapa, sendo a

diferença entre as áreas úteis de 0,52m², o que por ventura pode acarretar na fabricação de um componente futuro de dimensões maiores. Sendo assim, a economia provida deste aproveitamento é de cerca de R\$50,51, que representa aproximadamente 14,6% do custo total de chapas #10.

Percebe-se neste caso uma diferença de área útil menor, se comparada aos casos anteriores, isto se deve a baixa quantidade de peças a serem fabricadas e também as suas dimensões menores. Mesmo assim, tem-se uma maior economia relativa. Isto se deve ao peso do material, que por ser de maior espessura possui uma massa mais elevada para uma menor área.

4.6 APROVEITAMENTO NA CHAPA 3/16"

Novamente os resultados providos das simulações realizadas com e sem a otimização de corte para as chapas, fornece uma mesma quantidade geral de chapas para uma determinada espessura, neste caso, espessura de 4,76mm. Foram então analisadas as áreas úteis provenientes das sobras das chapas cortadas. Os resultados obtidos de custo total, áreas úteis e economia estão expressos na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados para Chapa 3/16"

#4,76	ARRANJO AUTOMÁTICO	ARRANJO MANUAL
TOTAL DE CHAPAS	1	1
CUSTO TOTAL (R\$)	R\$386,59	R\$652,88
ÁREA ÚTIL (m ²)	0,95	1,33
ECONOMIA NO APROVEITAMENTO		R\$52,10

Fonte: Autoria própria

A quantidade total de chapas em ambos os casos é 1. Com o remanejamento, novamente obteve-se um melhor aproveitamento de chapa. Pode-se afirmar isto devido a análise de áreas úteis realizada, que neste caso foi maior no arranjo manual, tendo-se então uma maior área para fabricação de componentes futuros. A diferença entre estas áreas úteis é de 0,38m², sendo esta não expressiva. Isto se deve as formas geométricas da maioria dos componentes a serem fabricados. Como pode-se observar nos resultados em anexo, temos muitas peças com formato bem definido, tais como trapezoidais espelhados e retangulares. Sendo assim, observa-se que o

arranjo automático de peças com formas bem definidas, é mais efetivo do que quando temos peças com formas geométricas não bem definidas.

Porém, mesmo com este melhor aproveitamento geral relativo ao arranjo automático, ainda se obteve um melhor resultado no arranjo manual. A economia neste aproveitamento foi de R\$52,10, o que representa um total de 13,5% do total, sendo então uma economia viável. Novamente, temos um caso o qual a diferença de áreas úteis não é tão expressiva, porém a sua economia é relativamente alta devido a espessura mais elevada da chapa, o que acaba por encarecer o metro quadrado da chapa em relação as outras espessuras.

4.7 APROVEITAMENTO NA CHAPA 1/4"

Para a chapa de maior espessura, 6,35mm, as simulações com arranjo manual e com arranjo automático divergiram no total de chapas necessárias para a fabricação de todos os componentes. Sabendo-se disso, as áreas úteis provenientes das sobras das chapas foram desconsideradas, analisando então apenas a diferença de custo geral, ou seja, a diferença de preço total para a definição da economia gerada pela otimização de corte. Podemos analisar os resultados obtidos para as chapas de espessura 6,35mm, ou 1/4" na Tabela 17.

Tabela 17 - Resultados para Chapa 1/4"

#6,35	ARANJO AUTOMÁTICO	ARRANJO MANUAL
TOTAL DE CHAPAS	2	1
CUSTO TOTAL (R\$)	R\$1.305,76	R\$652,88
ÁREA ÚTIL (m ²)	0	0
ECONOMIA NO APROVEITAMENTO		R\$652,88

Fonte: Autoria própria

Como mostra a tabela, há uma necessidade de uma chapa a menos para a fabricação dos componentes. Com base nos resultados, em anexo, pode-se observar que a necessidade de uma chapa a mais para o caso do arranjo automático se dá pelo fato de não haver espaço para apenas um componente na primeira chapa, sendo assim, há a solicitação de uma segunda chapa para a realização do corte deste único componente. Ainda analisando os resultados em anexo, para o caso de arranjo manual, percebe-se que apenas com o remanejamento em rotação e disposição

destes componentes, consegue-se obter um espaço necessário para a colocação de todos os componentes, o que acarreta em uma economia de compra de uma chapa.

Observando a tabela, percebe-se que há uma economia de R\$625,88 para o caso das chapas de espessura 1/4". Esta economia, é de 50% comparando os dois arranjos, e tem seu alto valor dado pela diferença de uma chapa necessária para confecção das peças, tendo em vista que, como já falado, é a chapa de maior espessura que a fabricação da máquina de pré-limpeza impõe.

4.8 ECONOMIA TOTAL

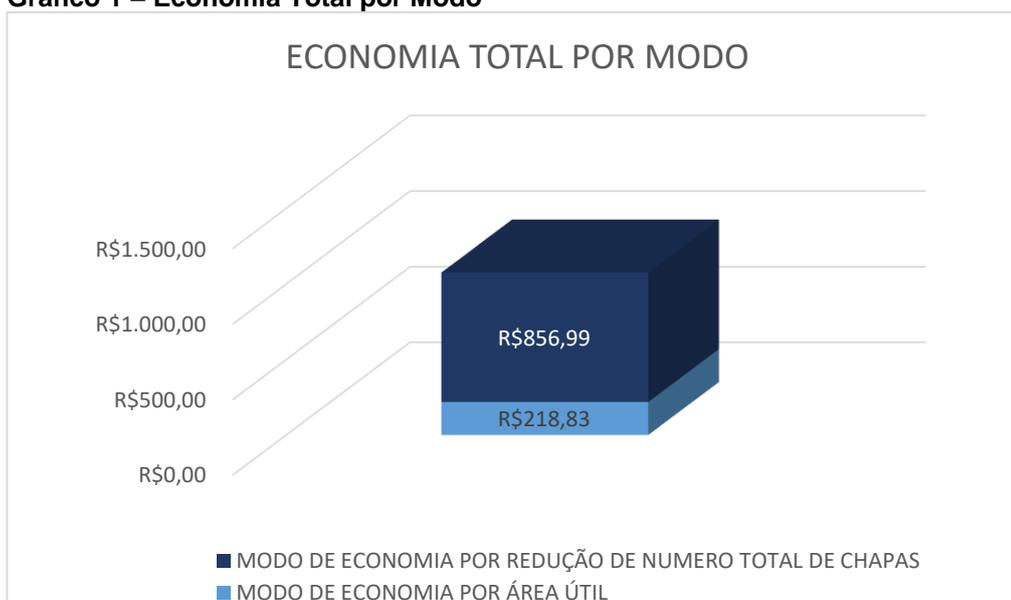
Como pode se observar, obteve-se uma economia relativa considerável quanto a fabricação com a otimização do corte por meio do arranjo manual. Todavia, esta economia foi dada em dois diferentes meios. O primeiro deles e mais comum, foi a economia gerada a partir do aproveitamento das chapas, nos casos em que a quantidade geral de chapas foi semelhante para os cortes com e sem otimização, mas a sua área útil de sobra de chapa foi maior. O outro caso se deu no momento em que houve uma economia na quantidade geral de chapas necessárias para a fabricação dos componentes, não sendo necessária a avaliação da área útil restante na chapa. Este meio se mostrou mais efetivo quanto a economia gerada, pois quando é reduzida a quantidade de chapas, uma maior porcentagem de economia é obtida. A tabela 18 contém os dados referentes as economias geradas utilizando o arranjo manual em relação ao arranjo automático para todos os casos, e por meio dela pode-se comparar a diferença de custos gerados pela otimização de corte de chapas.

Tabela 18 - Total por Modo

ECONOMIA TOTAL GERADA A PARTIR DA OTIMIZAÇÃO DE CORTE		
ESPESSURA DE CHAPA	MODO DE ECONOMIA POR ÁREA ÚTIL	MODO DE ECONOMIA POR REDUÇÃO DE NUMERO TOTAL DE CHAPAS
CHAPA 1,2mm	R\$0,00	R\$0,00
CHAPA 1,5mm	R\$38,80	R\$0,00
CHAPA 1,9mm	R\$0,00	R\$204,11
CHAPA 2,65mm	R\$77,42	R\$0,00
CHAPA 3,35mm	R\$50,51	R\$0,00
CHAPA 4,76mm	R\$52,10	R\$0,00
CHAPA 6,35mm	R\$0,00	R\$652,88
TOTAL MODO	R\$218,83	R\$856,99
TOTAL GERAL		R\$1.075,82

Fonte: Autoria própria

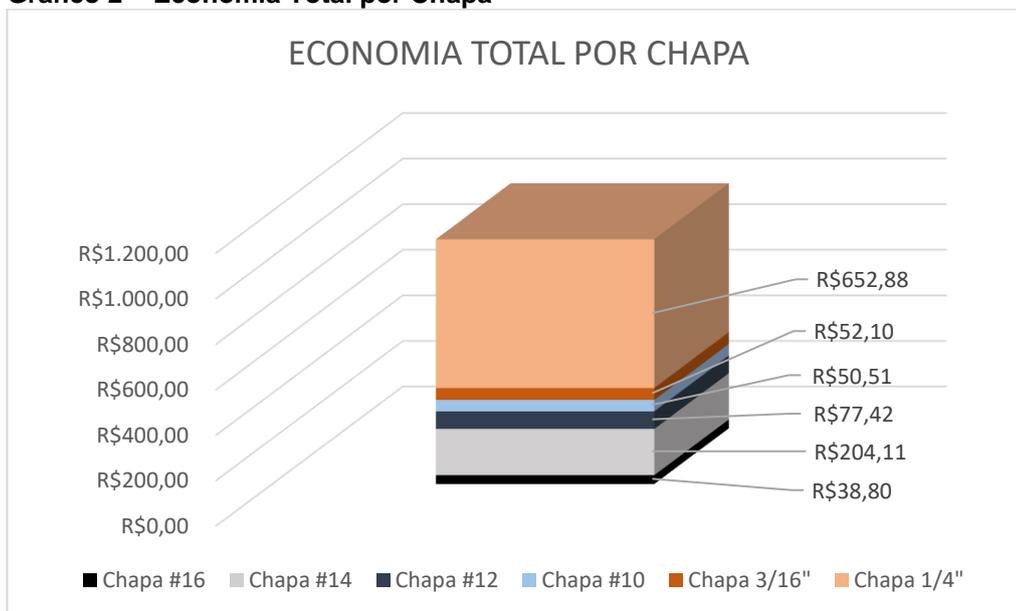
Analisando a tabela, podemos observar que a maior parte da economia se deu nos casos em que houve uma redução no total de chapas necessárias para a fabricação. Esta economia representa aproximadamente 80% da economia total. Porém o modo de economia considerando as áreas uteis é de grande valia, tendo em vista que gera uma economia de cerca de 20% do total avaliado. Esta proporção pode ser vista de uma maneira mais intuitiva no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Economia Total por Modo

Fonte: Autoria própria

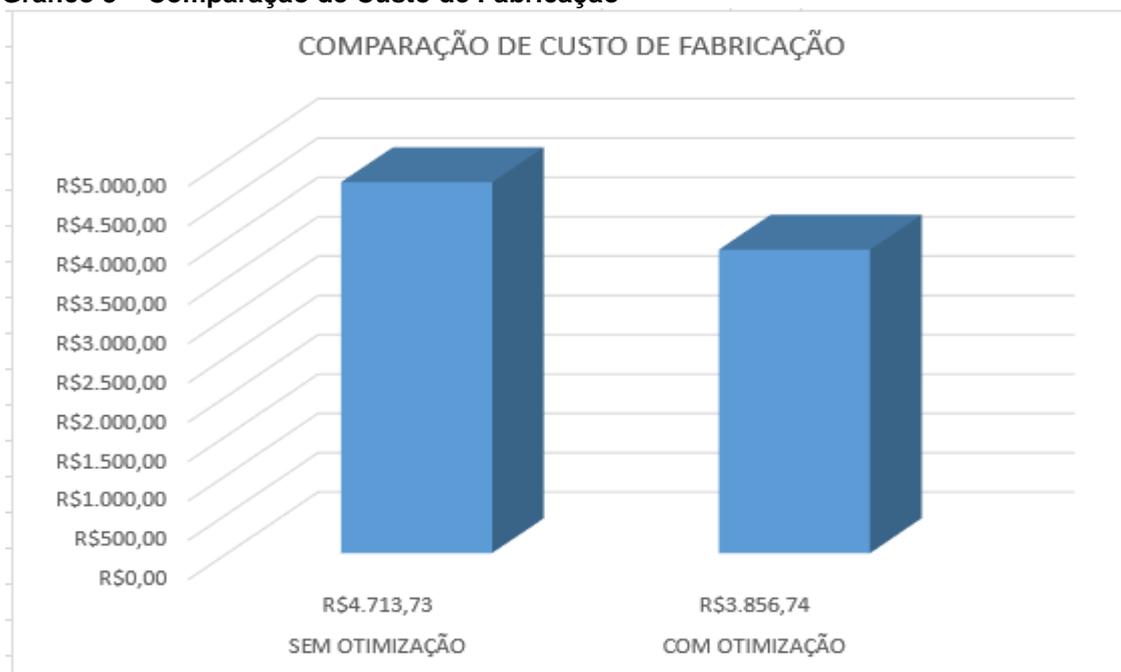
No Gráfico 2, pode-se observar a proporção relativa de cada chapa de determinada espessura perante à economia total encontrada, onde percebe-se que a maior economia se dá nas chapas #14 e 1/4".

Gráfico 2 – Economia Total por Chapa



Fonte: Autoria própria

Sendo assim, a economia relativa geral acarretada pela otimização do processo de corte é de grande significância. Analisando o custo geral de compra de chapas, obtemos uma grande diferença se comparados os métodos com e sem otimização. O Gráfico 3 diz respeito aos custos por método de fabricação, analisando apenas o custo da matéria prima, ou seja, o custo direto de chapas a serem compradas para a fabricação de uma máquina de pré-limpeza com capacidade de 60 toneladas por hora.

Gráfico 3 – Comparação de Custo de Fabricação

Fonte: Autoria própria

Como pode-se observar no gráfico, o custo total de compra de chapas com a otimização do processo de corte a plasma se faz válido, pois proporciona uma economia de 13% apenas na compra geral de material. Se levado em conta as economias relativas de área útil previamente expostas, obtemos então uma maior economia em relação a quantidade geral de chapas, cerca de 23%, o que representa um alto índice de economia.

Sendo assim, pode-se afirmar que há uma grande viabilidade na implementação de otimização de corte a plasma CNC por meio de software de mercado para a fabricação de máquinas de pré-limpeza, sabendo-se que as máquinas de maiores capacidades podem fornecer resultados ainda mais expressivos, tendo em vista que muitos dos componentes utilizados para a construção de uma máquina de 60 toneladas por hora são os mesmos utilizados para as máquinas de maior porte, porem em maior número. Já para a verificação da viabilidade de otimização para outros equipamentos, deve se analisar primeiramente a quantidade de componentes que necessitam deste meio de fabricação, pois alguns equipamentos, como os elevadores, utilizam muito pouco o método de corte por plasma CNC, sendo assim, pode acabar inviabilizando este processo de otimização. Porem uma análise mais detalhada é totalmente viável para análise de outros equipamentos.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que houve um melhor aproveitamento das chapas necessárias para a fabricação de uma máquina de pré-limpeza de grãos comparando o arranjo manual em relação ao arranjo automático, acarretando assim em uma economia relativa considerável.

Houve também uma facilidade de se trabalhar com o software, para ambos os casos estudados, o software forneceu por si só todas as recomendações necessárias para a execução do estudo.

Na comparação entre os custos de matéria prima, ou seja, chapas metálicas, para a fabricação de uma máquina de pré-limpeza de grãos de capacidade 60 t/h, obteve-se um resultado bem expressivo, conseguindo obter uma redução de custo geral de aproximadamente 23%.

No que diz a respeito de análise de utilização desta otimização para fabricação de outros equipamentos, conclui-se primeiramente que para as máquinas de pré-limpeza de maiores capacidades, o estudo é completamente viável, tendo em vista que a fabricação dos seus componentes necessita do corte a plasma CNC.

Para outros equipamentos, tais como secadores, silos, transportadores, entre outros, previamente ao estudo para a otimização, deve-se avaliar a demanda de peças a serem cortadas pelo processo de plasma CNC, pois nem todos os equipamentos tem a necessidade de utilização deste método, sendo que se houver uma necessidade, é viável a realização do estudo de otimização.

6 REFERÊNCIAS

ANÁPOLIS, Ivano A. D. **Projeto de Unidades Armazenadoras**.2004.

ANGELI, Luís Leonardo Packer. **Comparação de características do processo de corte a plasma com o oxicorte**. Piracicaba, 2011.

BLUCHER, Edgar. **Design industrial: Materiais e processos de fabricação**. São Paulo, 2004.

DALPASQUALE, Valdecir Antoninho. **Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos**. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Ed.). Armazenagem de grãos. Campinas: Instituto Biogeneziz, 2002.

DAMBROSIO, M. A. et al. Custo da padronização e armazenagem da soja em armazém próprio no município de Sorriso/MT. **Revista Contabilidade & Amazônia**, Sinop, v. 2, n. 1, 2009.

FEREIRA, B., SILVEIRA, F. G., GARCIA, R. C. **Agricultura familiar e o PRONAF: contexto e perspectivas**. In GASQUES, J. G., CONCEIÇÃO, J. C. (Orgs.): Transformações da agricultura e políticas públicas. Brasília: IPEA, 2001.

FERNANDES, Michael Junio Seifert. **Métodos de Fundações para Bases de silos Metálicos de Fundo Plano**. Londrina. 2015

JOAQUIM, Roberto e RAMALHO, José. **Plasma**. Revista Infosolda. São Paulo. 1996.

JUNIOR, Gelson Marino Zamai. **Viabilidade dos processos de oxicorte e corte a plasma**. 2009. Dissertação (bacharelado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de Piracicaba, 2009

LIMA, Erasmo. **Corte a plasma**. Revista da soldagem ABS. Editora Associação Brasileira de Soldagem. 2006.

MARTINI Ricardo E. de; PRICHOA, Valmir P.; MENEGAT, Cezar R. **Vantagens e desvantagens da implantação de silo de armazenagem de grãos Na Granja de Martini** . Revista de Administração e Ciências Contábeis Ideau. V.4 - n.8 - Janeiro - Junho 2009.

MILMAN, Mário José. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Universitária – UFPEL, 2002. 206p.

MOTA, Felipe Sprada Tavares. **Estudo de Caso: Identificação dos Riscos na Atividade de Beneficiamento de Grãos**. 2015.

NETO, F. B. J de, et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade – série sementes. **Circular Técnica**, Londrina, v. 1, n. 40. 12 p, mar. 2007.

PIMENTA, Salvador Walter. **Estudo comparativo dos processos de corte Plasma e Jato de Água para chapa de aço inoxidável de 1” utilizado na construção de máquinas especiais**. São Caetano do Sul, 2013.

PIMENTEL, Marco. A. G; FONSECA, Marcos J. O. **Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa. 2011

PUZZI, D. **Manual de armazenamento de grãos: armazéns e silos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977.

SILVA, L.S. **Armazenagem: transporte de grãos**. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo (Boletim técnico). 2005.

SILVA, L.S. **Estruturas para Armazenagem de Grãos a Granel**. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo (Boletim técnico). 2010.

SILVA, L.S. **Manutenção em Unidades Armazenadoras**. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo (Boletim técnico). 2005.

SLONGO, Luís Henrique, WEIRICH, Cintia Sabrina. **Modelo de controle para o processo de beneficiamento de sementes baseado em eventos discretos e teoria de controle supervisorio**. 2014.

VARGAS, Vanderlei. **Análise e Proposta de Melhoria na Fabricação de Peças de Chapas Metálicas**. Horizontina, 2014.

VINO, J. T. F. Déficit de armazenagem de grãos pode chegar a 40 milhões de toneladas em 2013. **Grãos, da semente ao consumo**, Maringá-PR, 2013.

WEBER, Érico Aquino. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Rio Grande do Sul: Ed. Salles, 2005.

ZAGO, Marcelo. **Análise da Aplicação da NR – 33 Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados em Silos de Grãos**. 2013.

ANEXO A - Formas Geométricas das Peças.

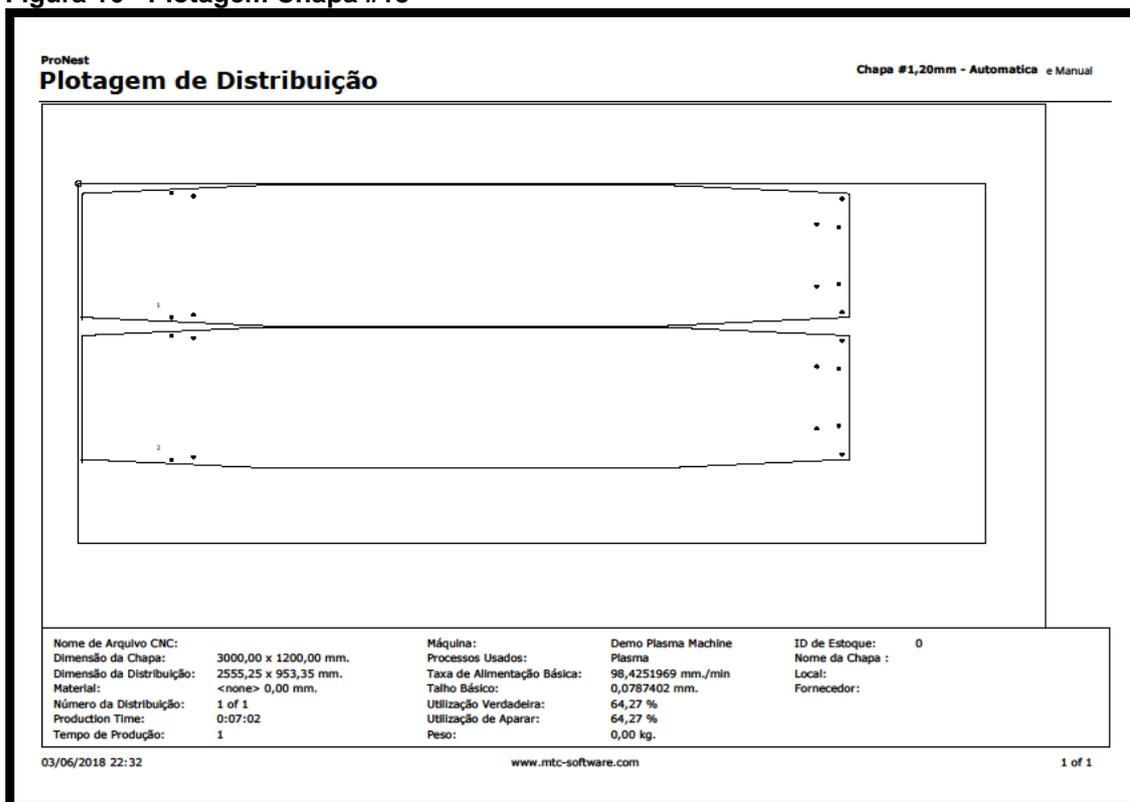
Figura 15 - Formas Geométricas das Peças

1	2	3	4	5
6	7 *	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27 *	28 *	29	30
31	32	33 *	34 *	35 *
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46 *	47 *	48 *	49	50
51 *	52 *	53 *	54	55
56	57	58 *	59 *	60
61 *	62 *	* - peças com escala aumentada		

Fonte: Autoria Própria

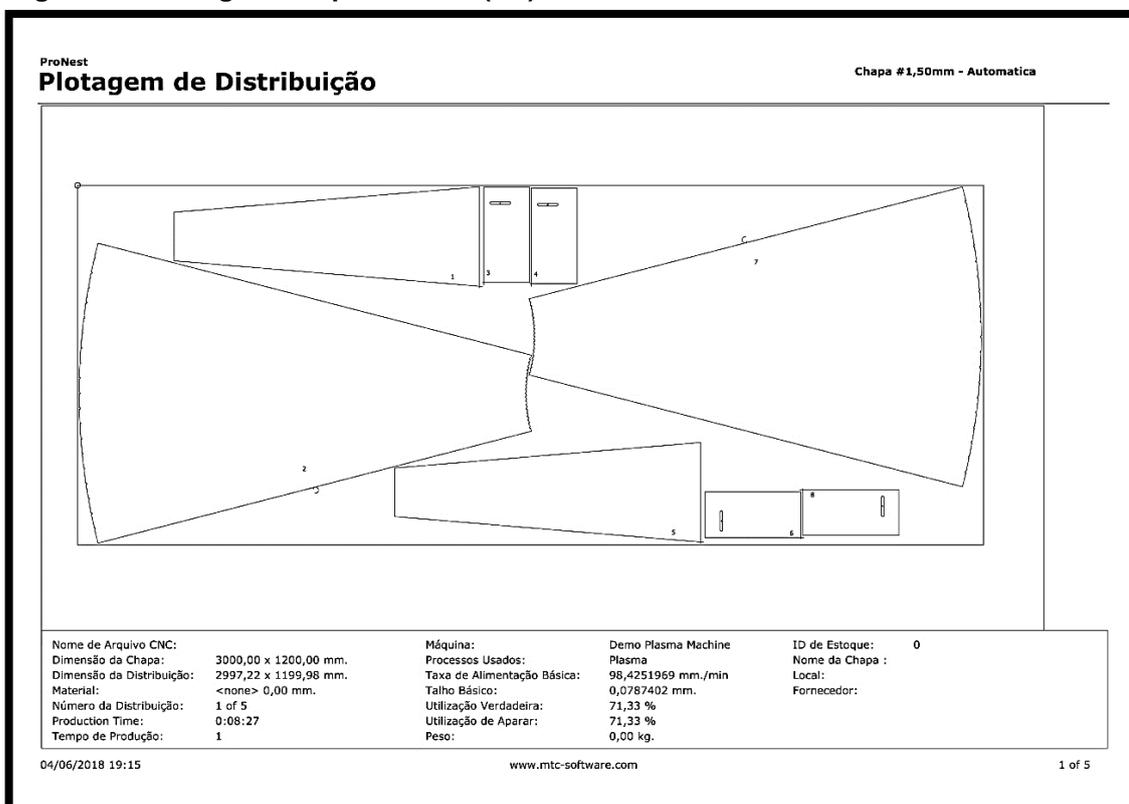
ANEXO B - Resultados de Plotagem.

Figura 16 - Plotagem Chapa #18



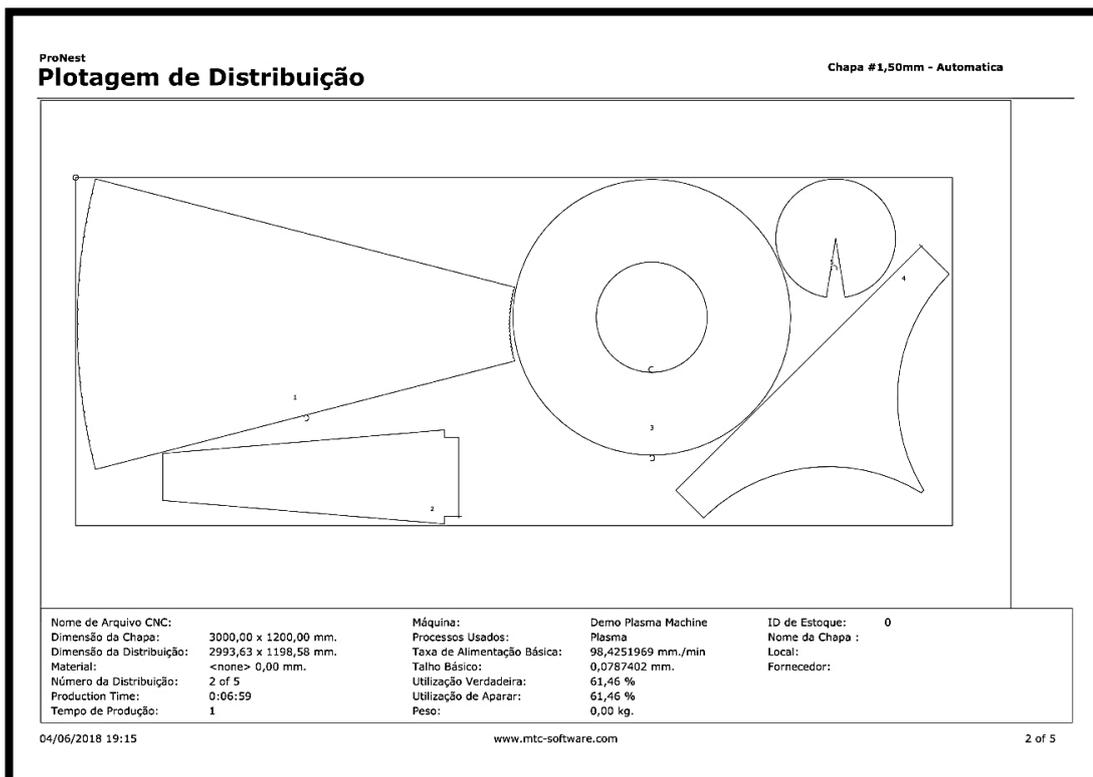
Fonte: Autoria Própria

Figura 17 - Plotagem Chapa #16 Aut. (1/5)



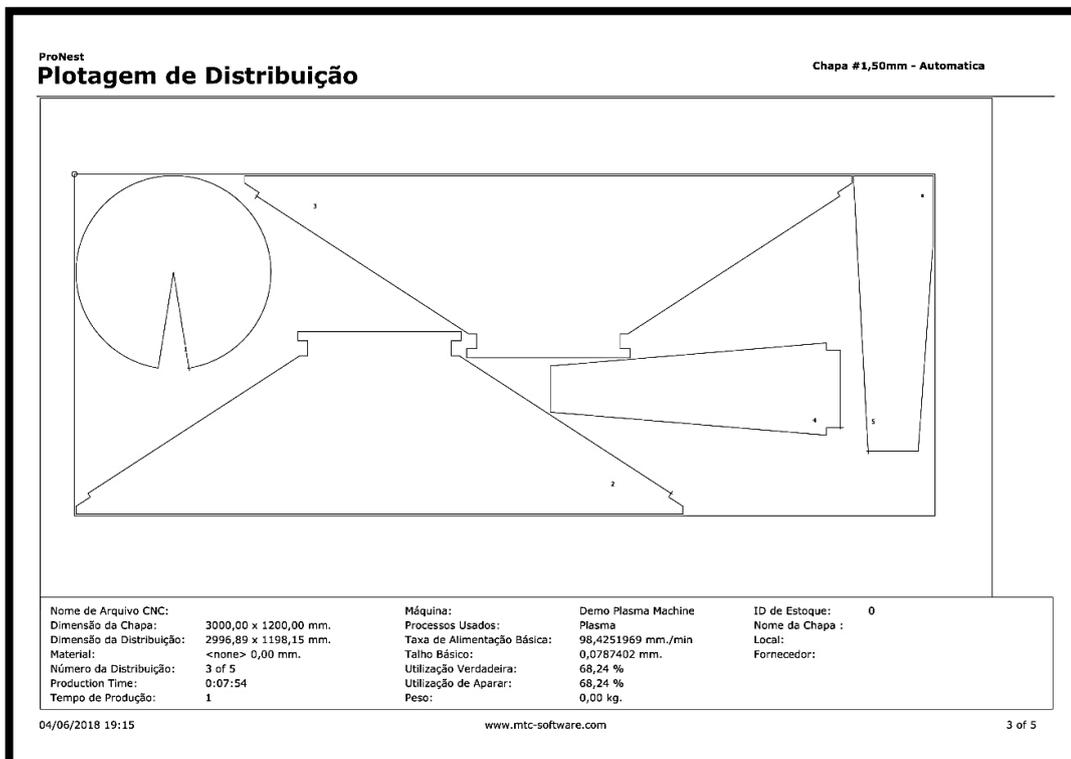
Fonte: Autoria Própria

Figura 18 - Plotagem Chapa #16 Aut. (2/5)



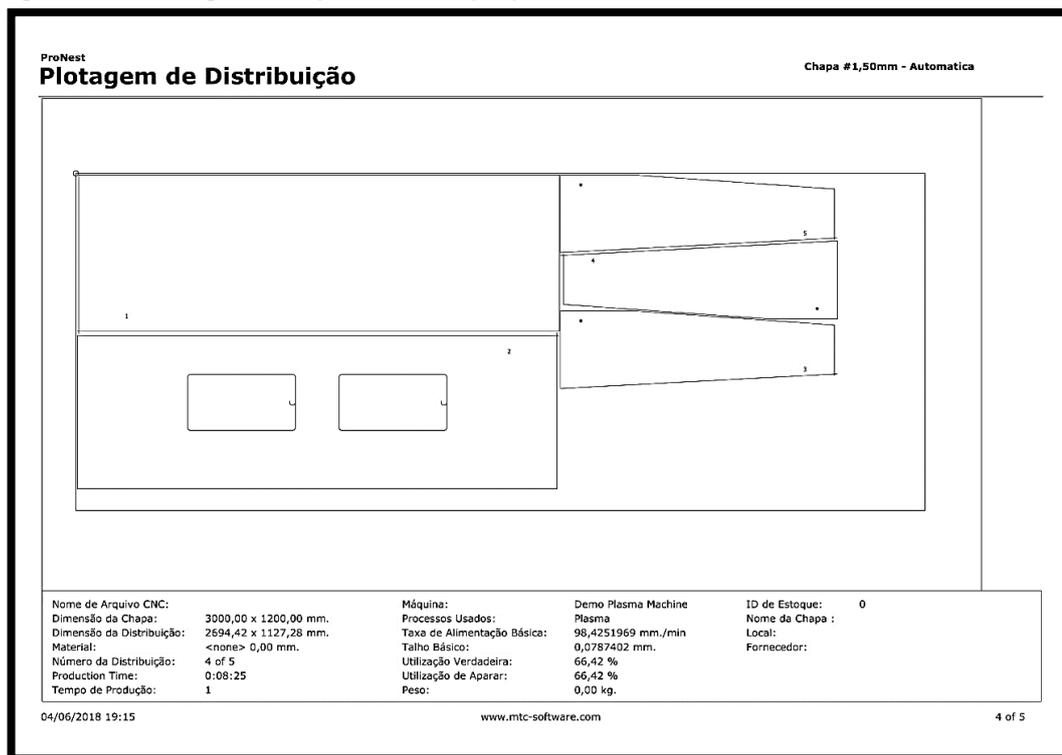
Fonte: Autoria Própria

Figura 19 - Plotagem Chapa #16 Aut. (3/5)



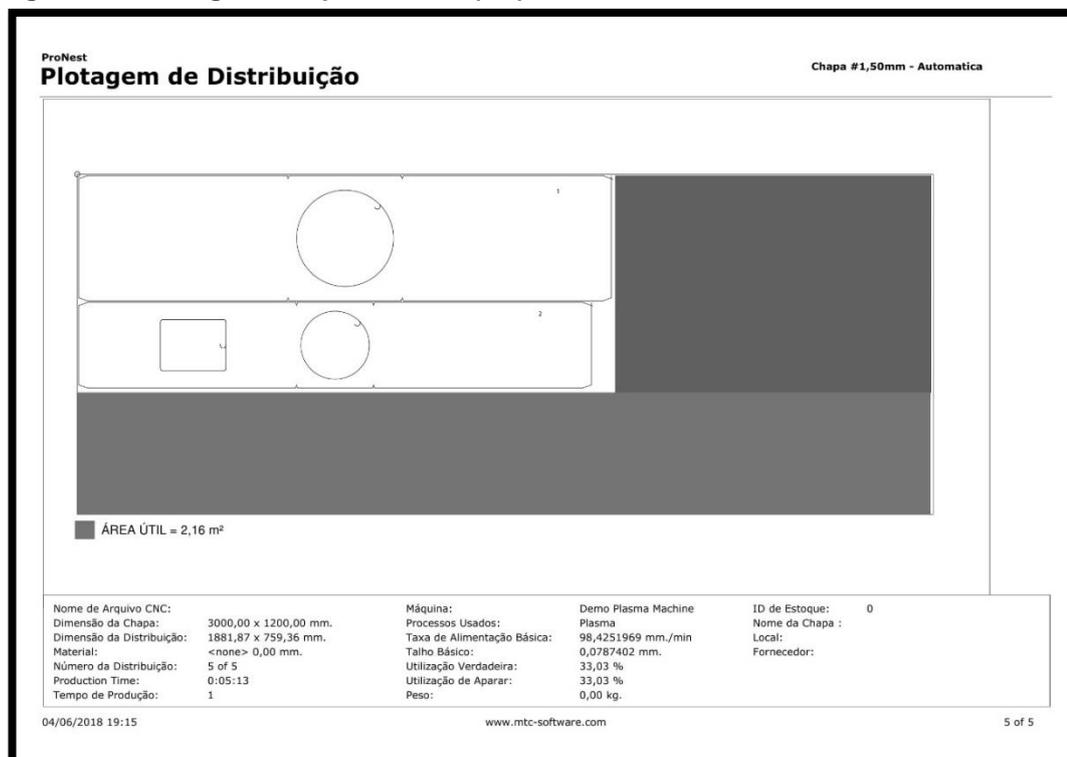
Fonte: Autoria Própria

Figura 20 - Plotagem Chapa #16 Aut. (4/5)



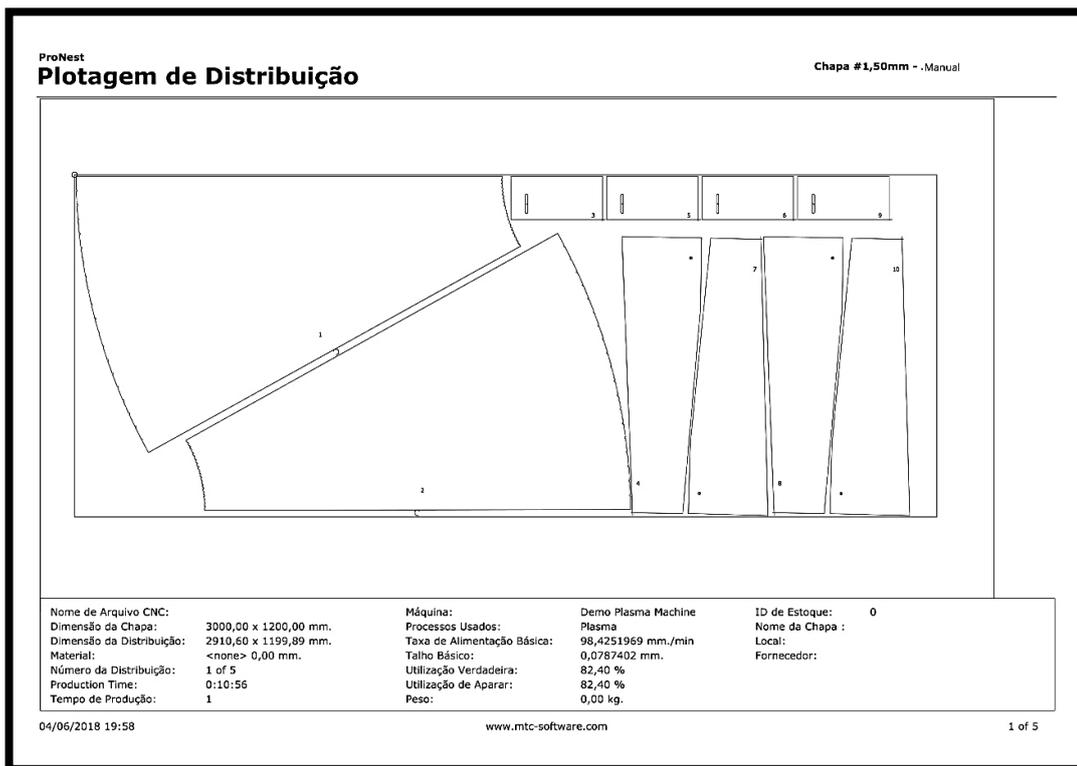
Fonte: Autoria Própria

Figura 21 - Plotagem Chapa #16 Aut. (5/5)



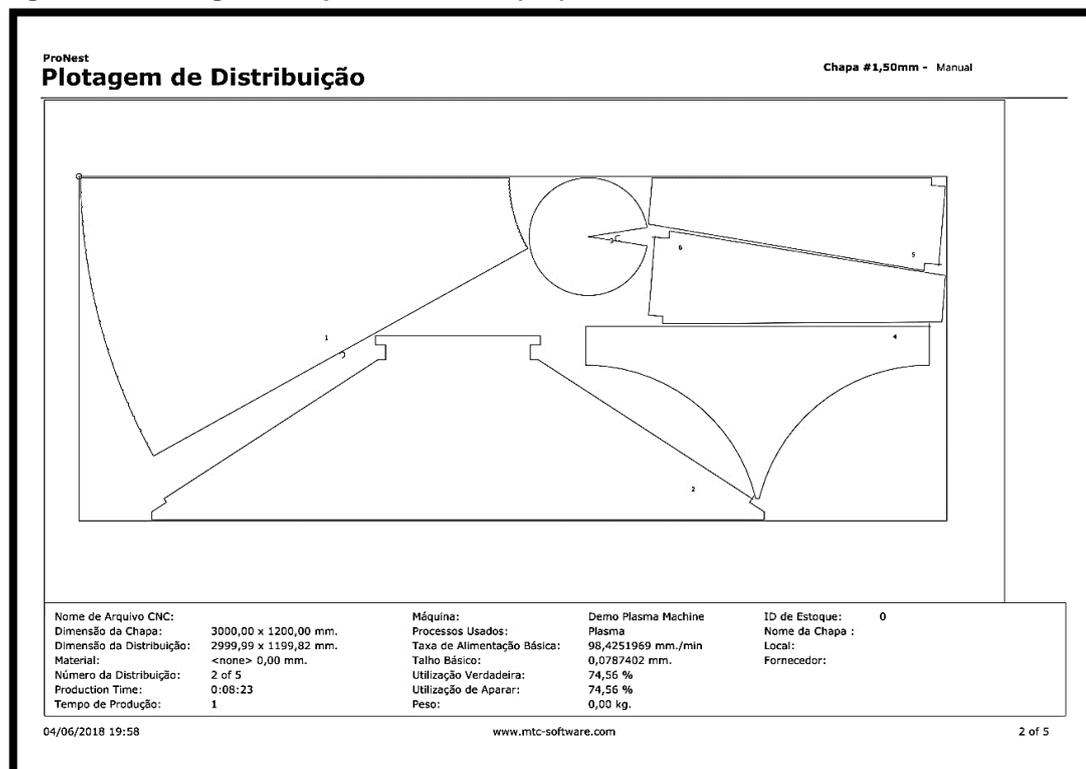
Fonte: Autoria Própria

Figura 22 - Plotagem Chapa #16 Manual (1/5)



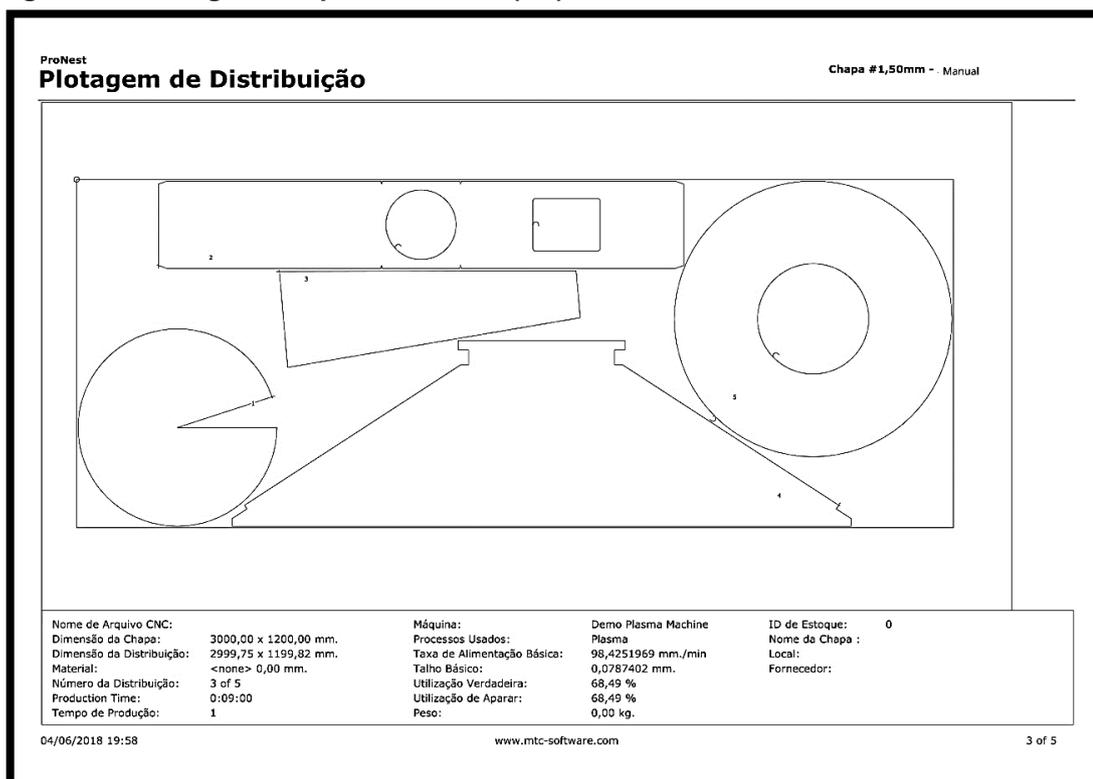
Fonte: Autoria Própria

Figura 23 - Plotagem Chapa #16 Manual (2/5)



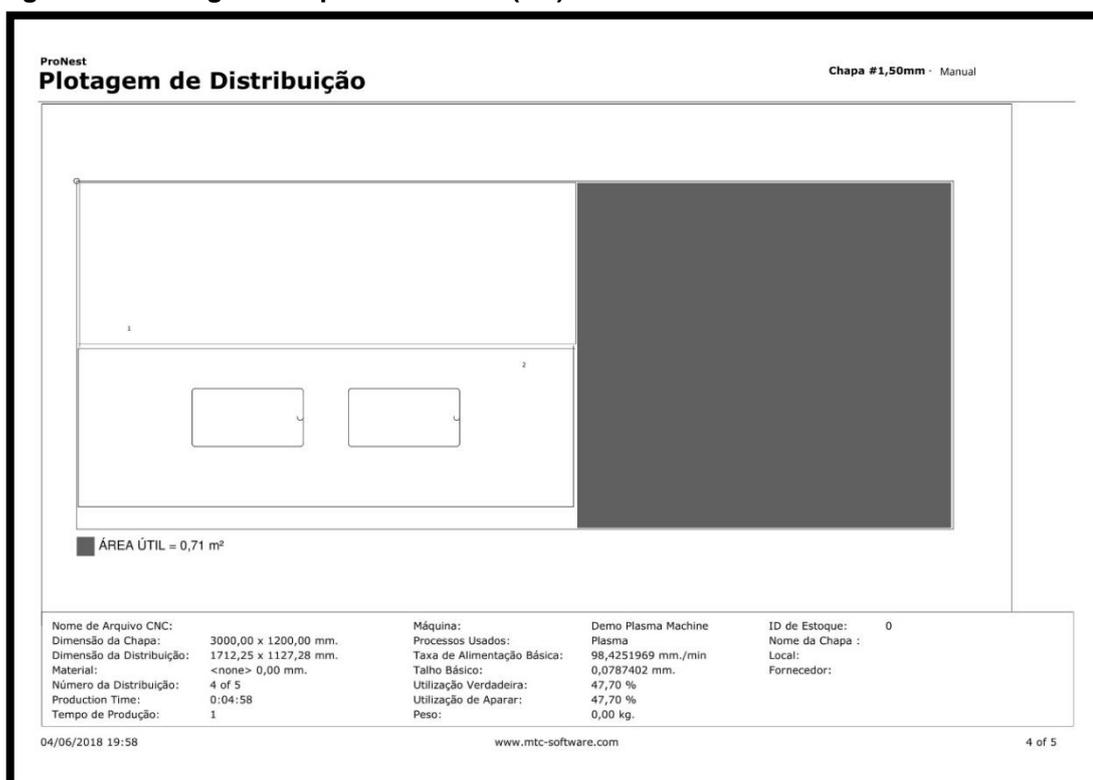
Fonte: Autoria Própria

Figura 24 - Plotagem Chapa #16 Manual (3/5)



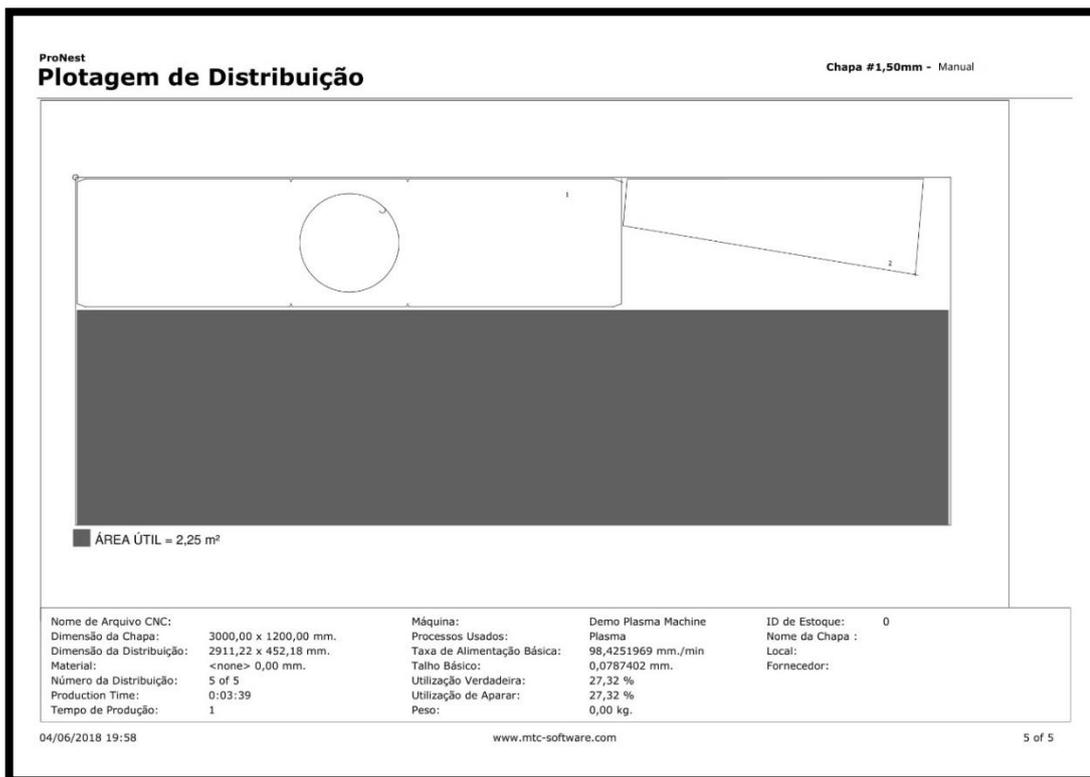
Fonte: Autoria Própria

Figura 25 - Plotagem Chapa #16 Manual (4/5)



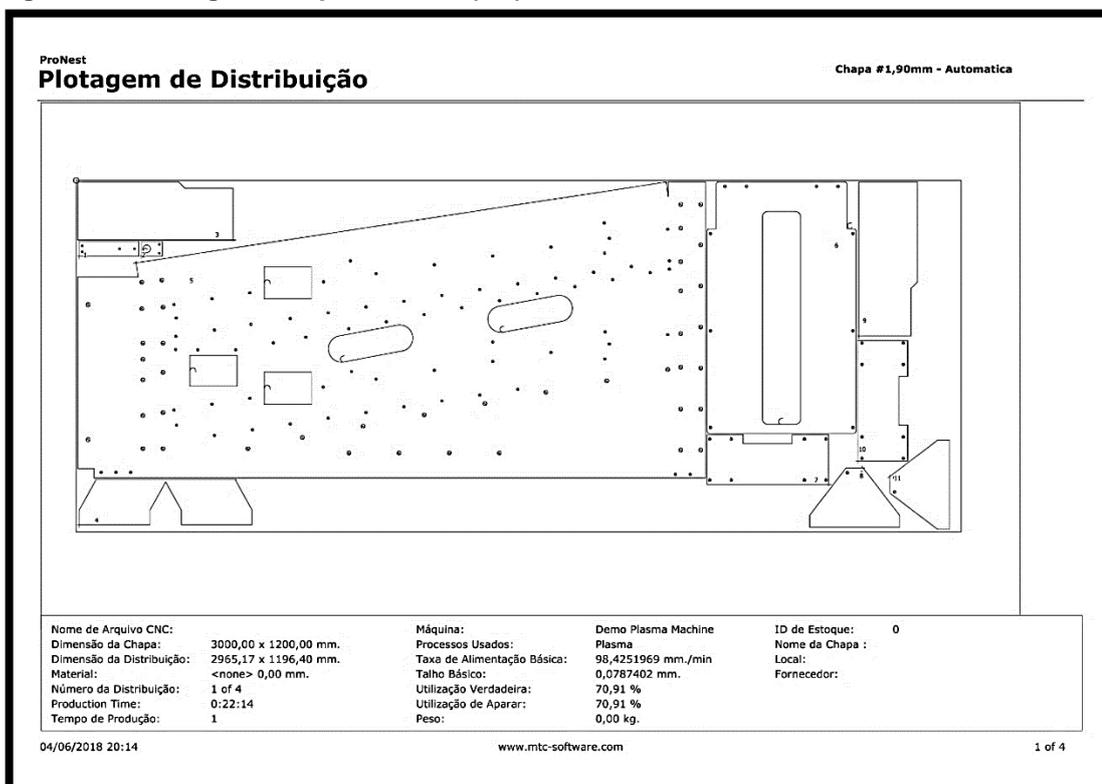
Fonte: Autoria Própria

Figura 26 - Plotagem Chapa #16 Manual (5/5)



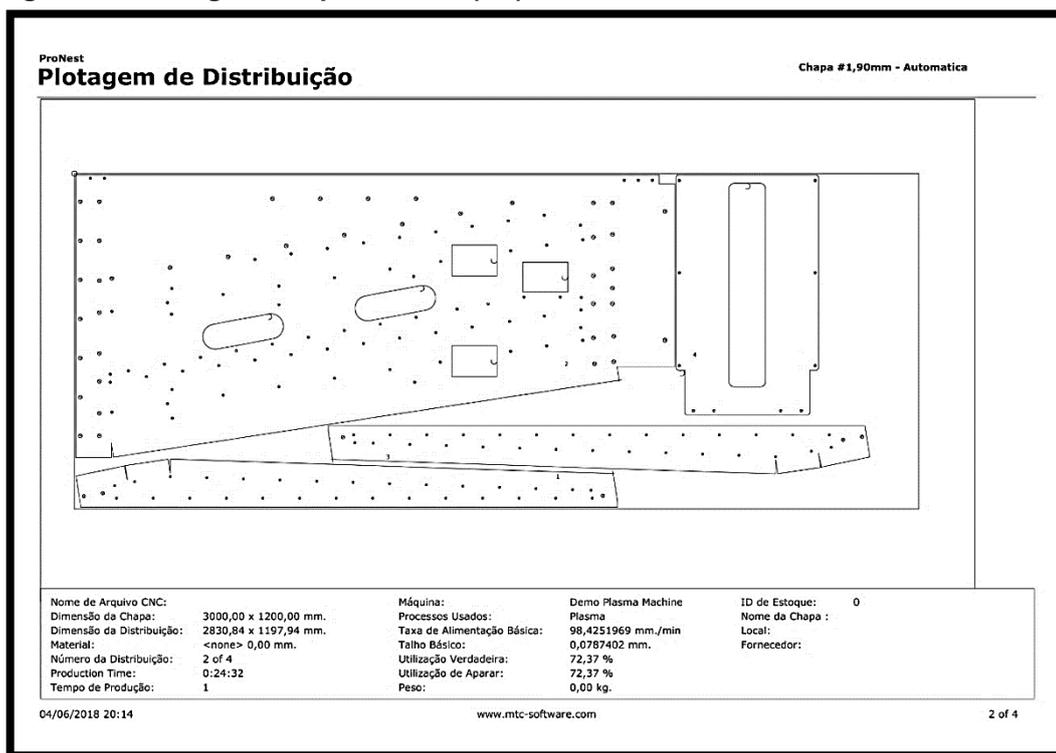
Fonte: Autoria Própria

Figura 27 - Plotagem Chapa #14 Aut. (1/4)



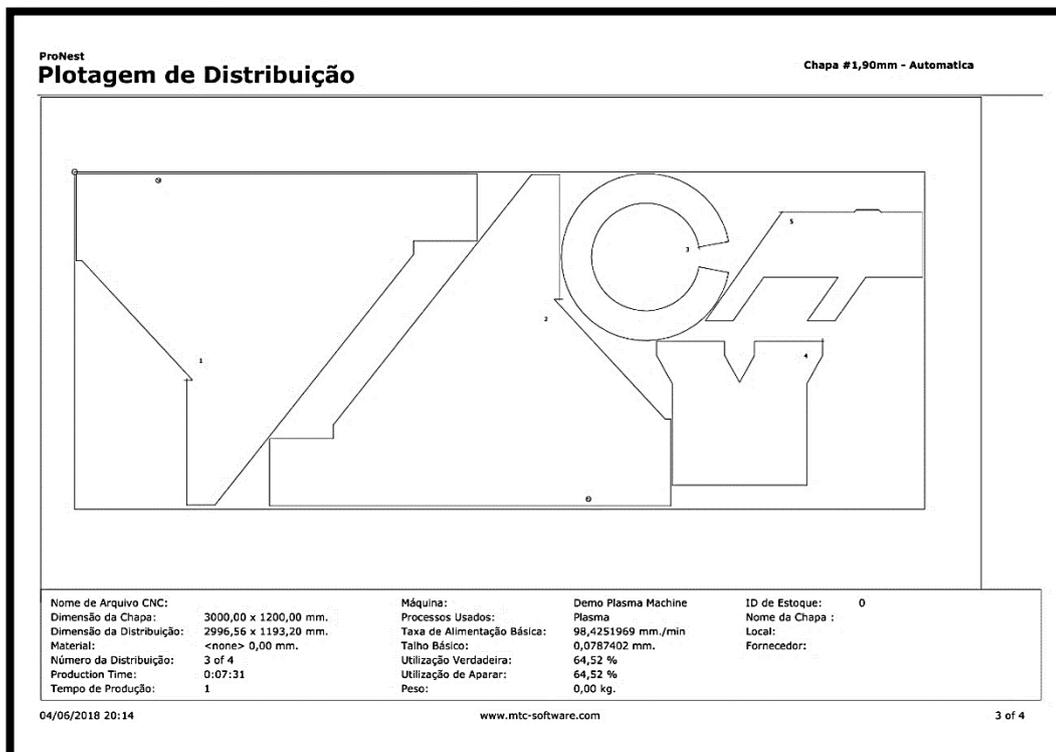
Fonte: Autoria Própria

Figura 28 - Plotagem Chapa #14 Aut. (2/4)



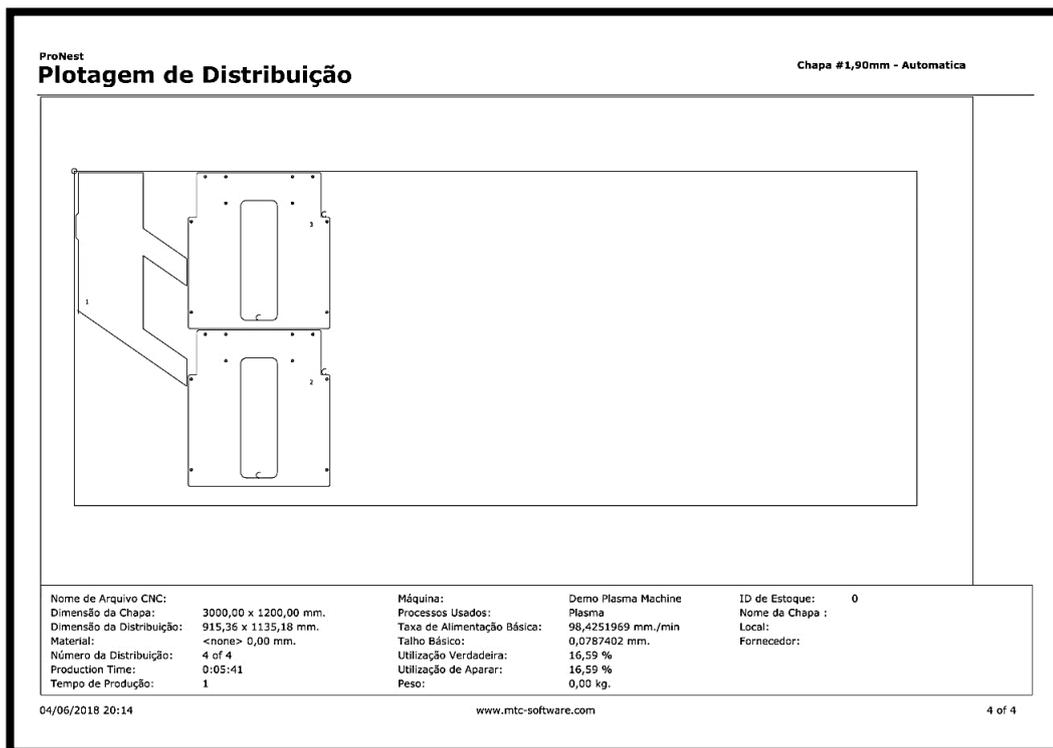
Fonte: Autoria Própria

Figura 29 - Plotagem Chapa #14 Aut. (3/4)



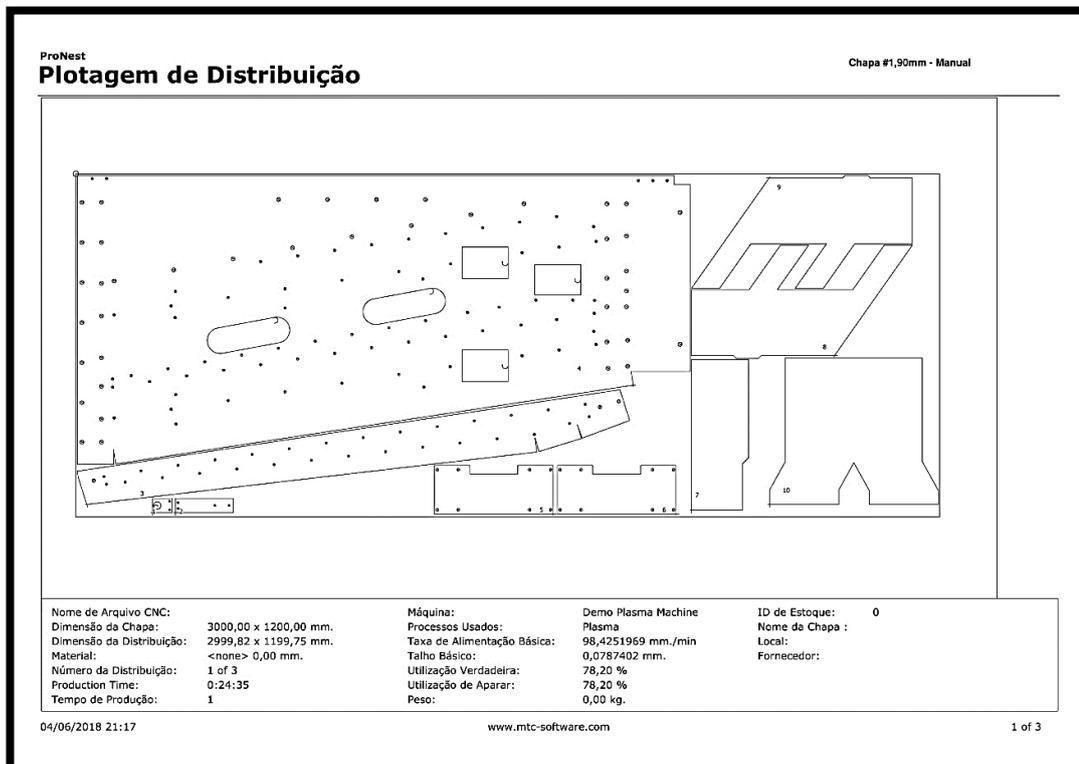
Fonte: Autoria Própria

Figura 30 - Plotagem Chapa #14 Aut. (4/4)



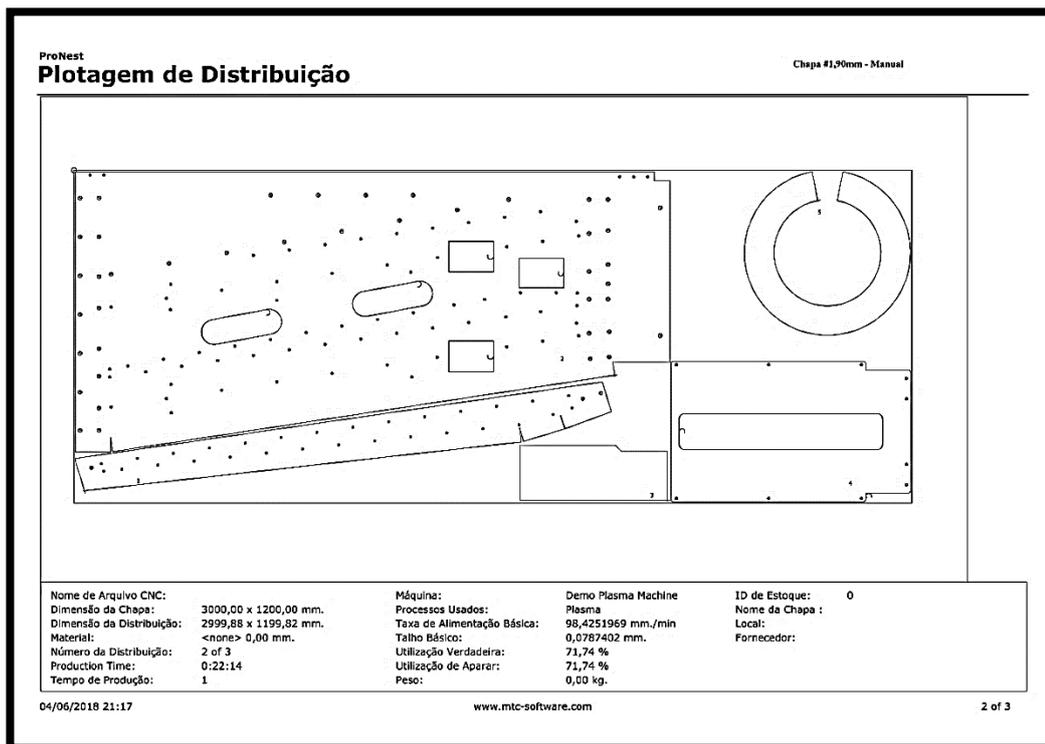
Fonte: Autoria Própria

Figura 31 - Plotagem Chapa #14 Manual (1/3)



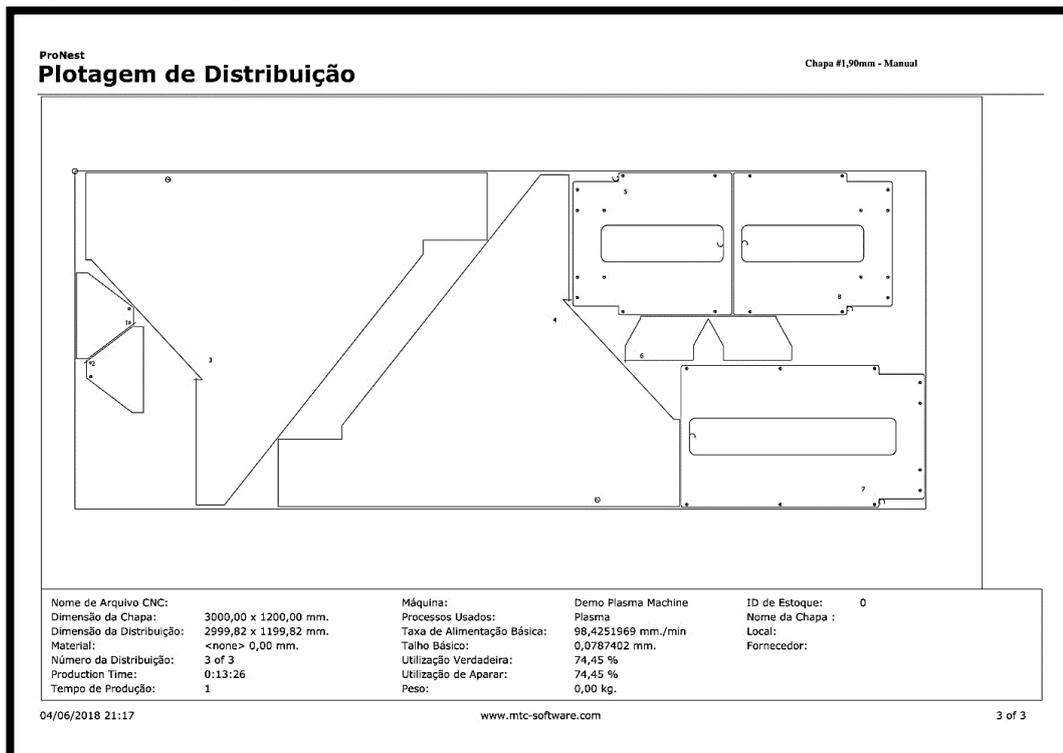
Fonte: Autoria Própria

Figura 32 - Plotagem Chapa #14 Manual (2/3)



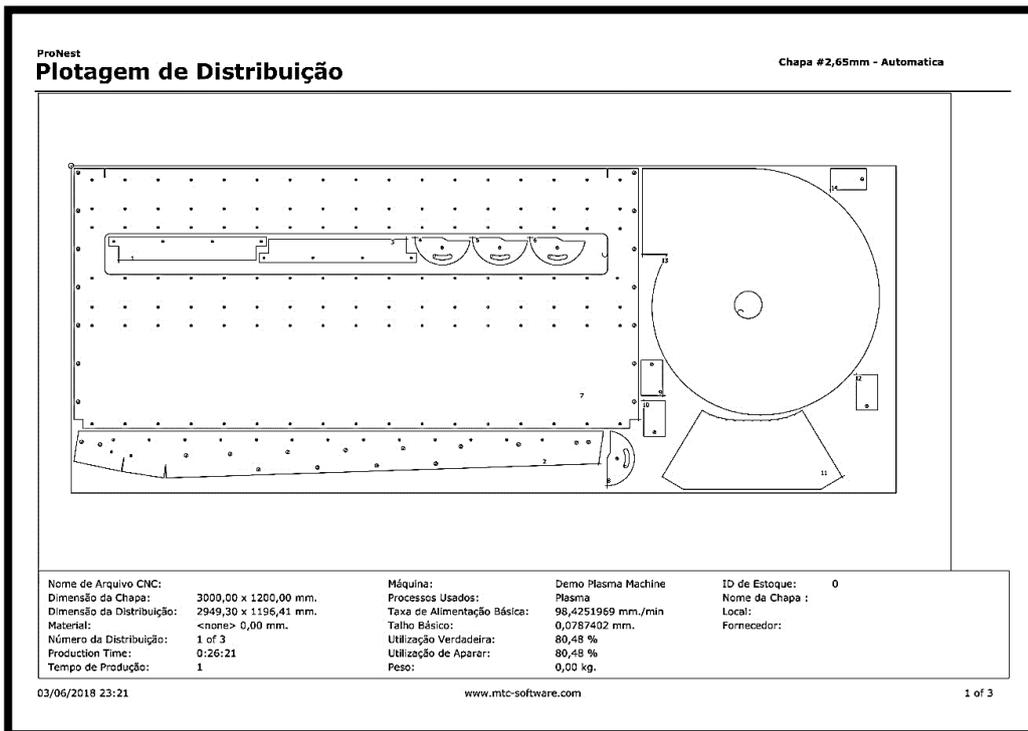
Fonte: Autoria Própria

Figura 33 - Plotagem Chapa #14 Manual (3/3)



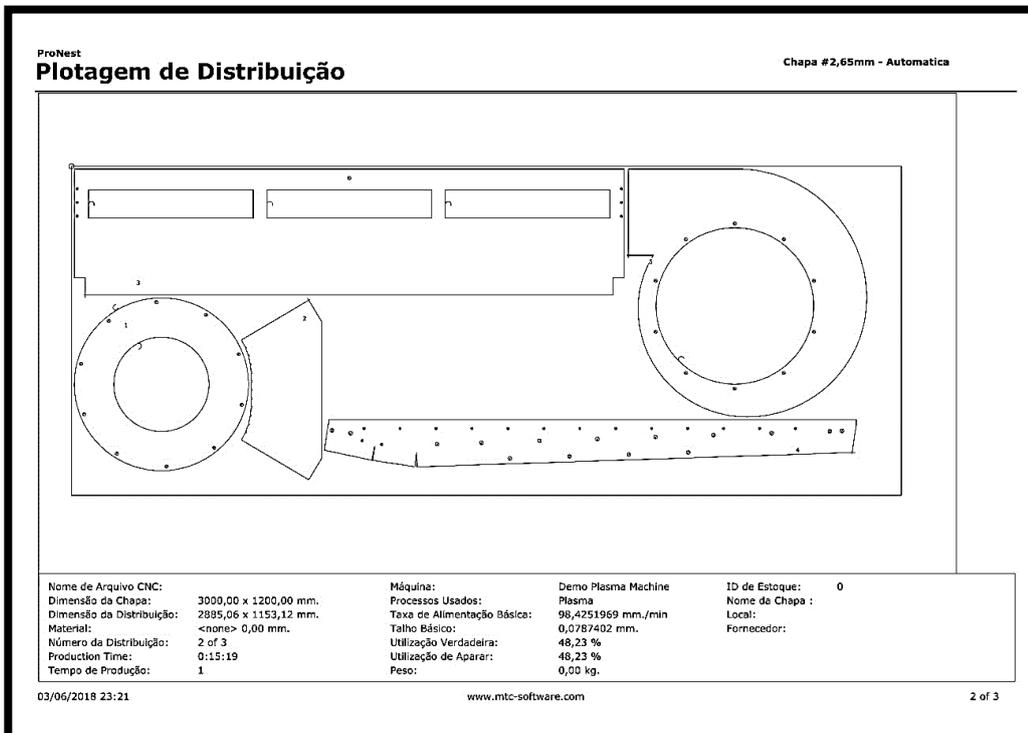
Fonte: Autoria Própria

Figura 34 - Plotagem Chapa #12 Aut. (1/3)



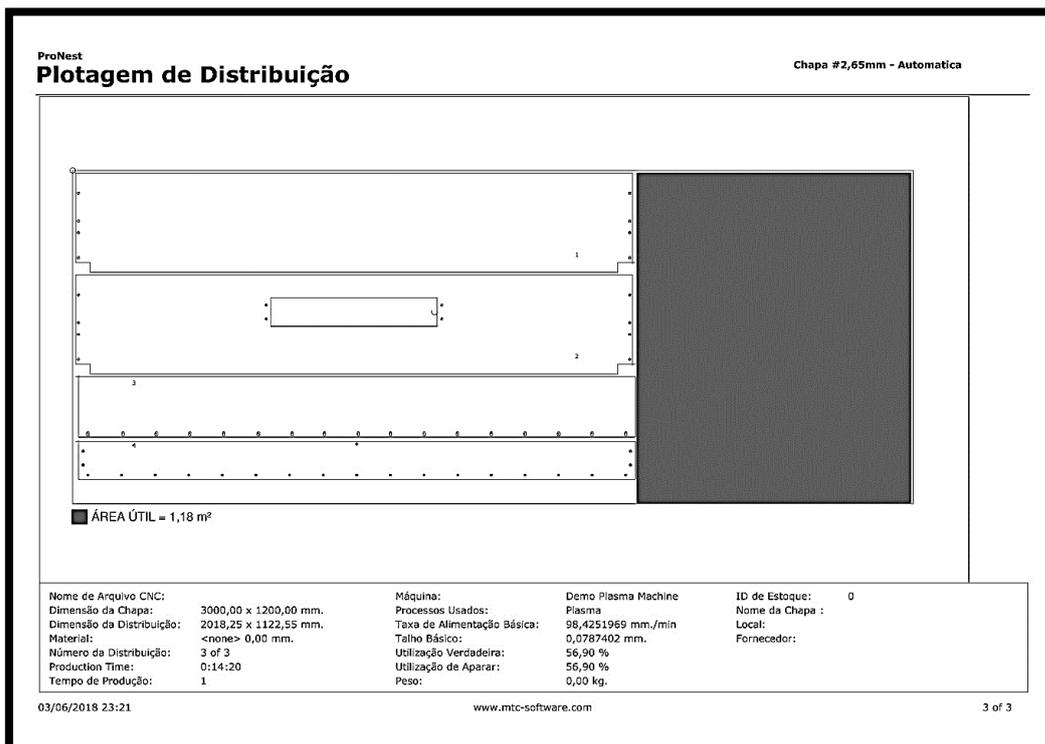
Fonte: Autoria Própria

Figura 35 - Plotagem Chapa #12 Aut. (2/3)



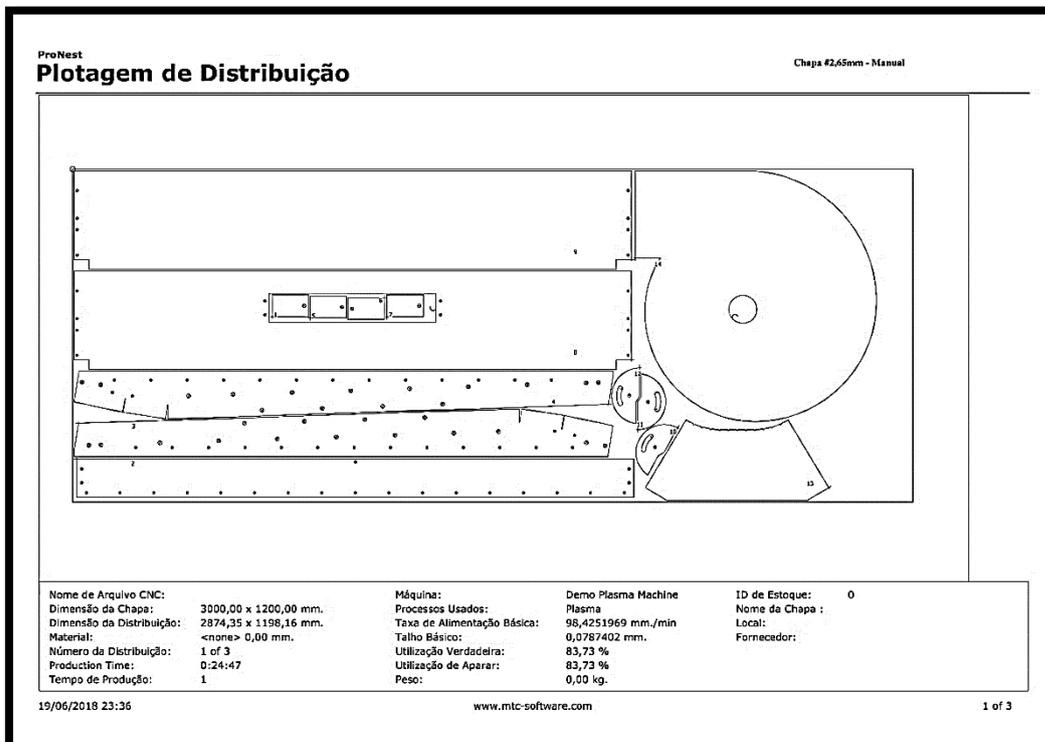
Fonte: Autoria Própria

Figura 36 - Plotagem Chapa #12 Aut. (3/3)



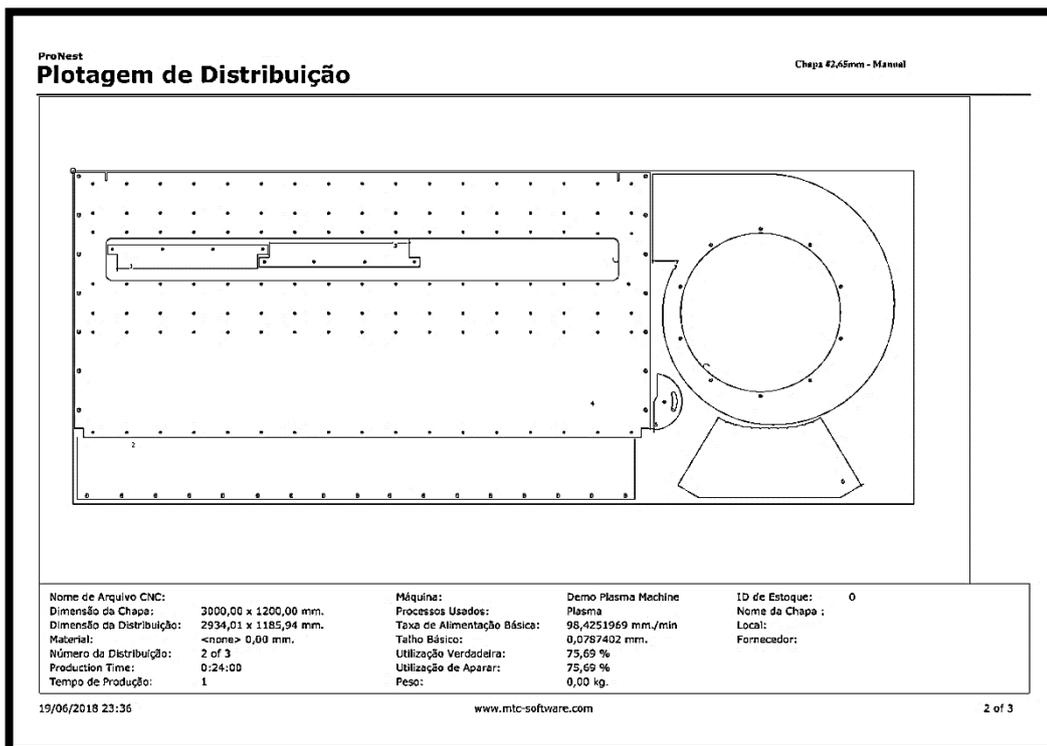
Fonte: Autoria Própria

Figura 37 - Plotagem Chapa #12 Manual (1/3)



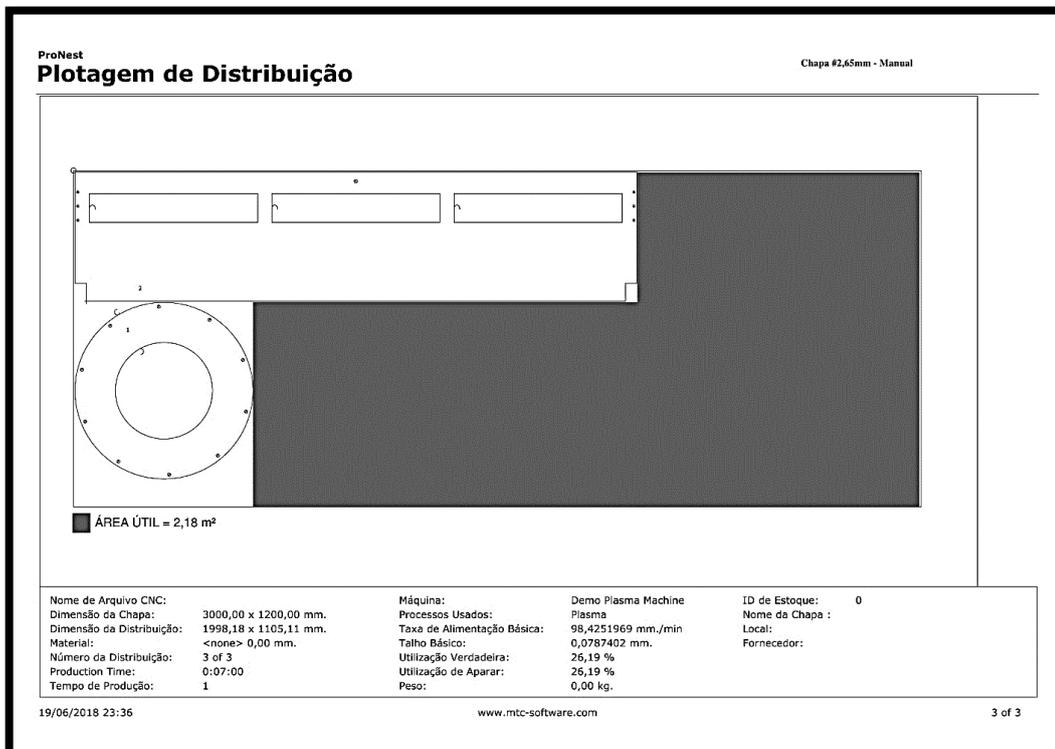
Fonte: Autoria Própria

Figura 38 - Plotagem Chapa #12 Manual (2/3)



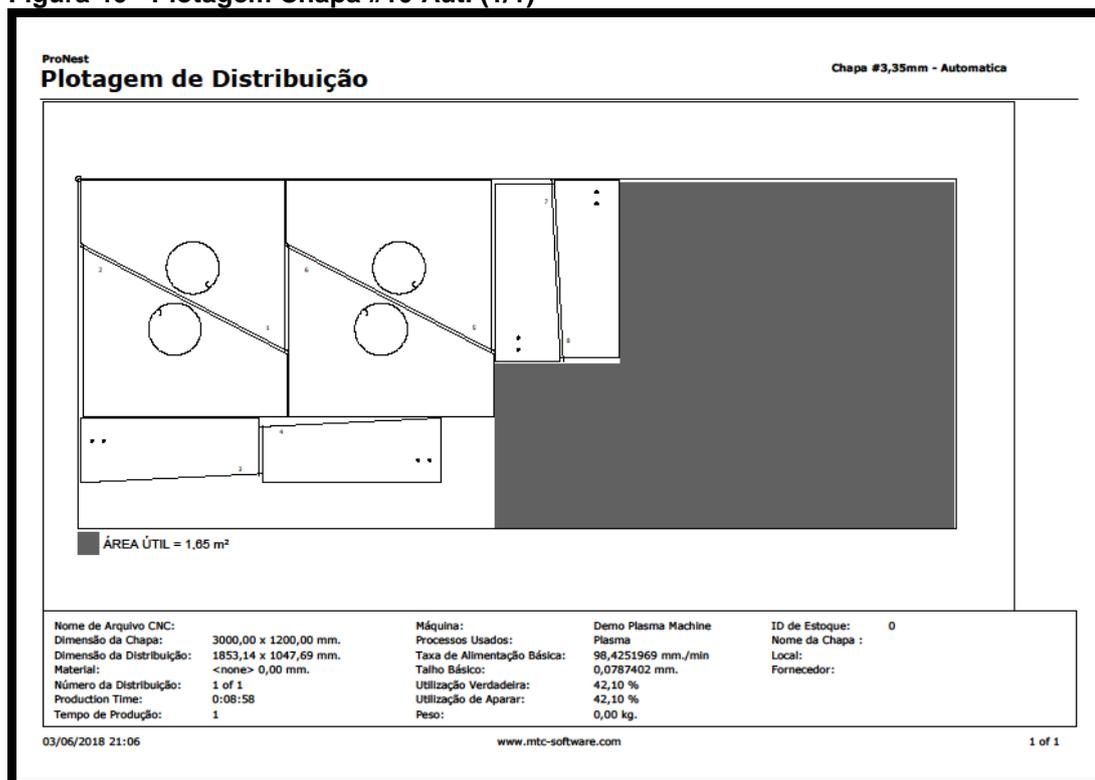
Fonte: Autoria Própria

Figura 39 - Plotagem Chapa #12 Manual (3/3)



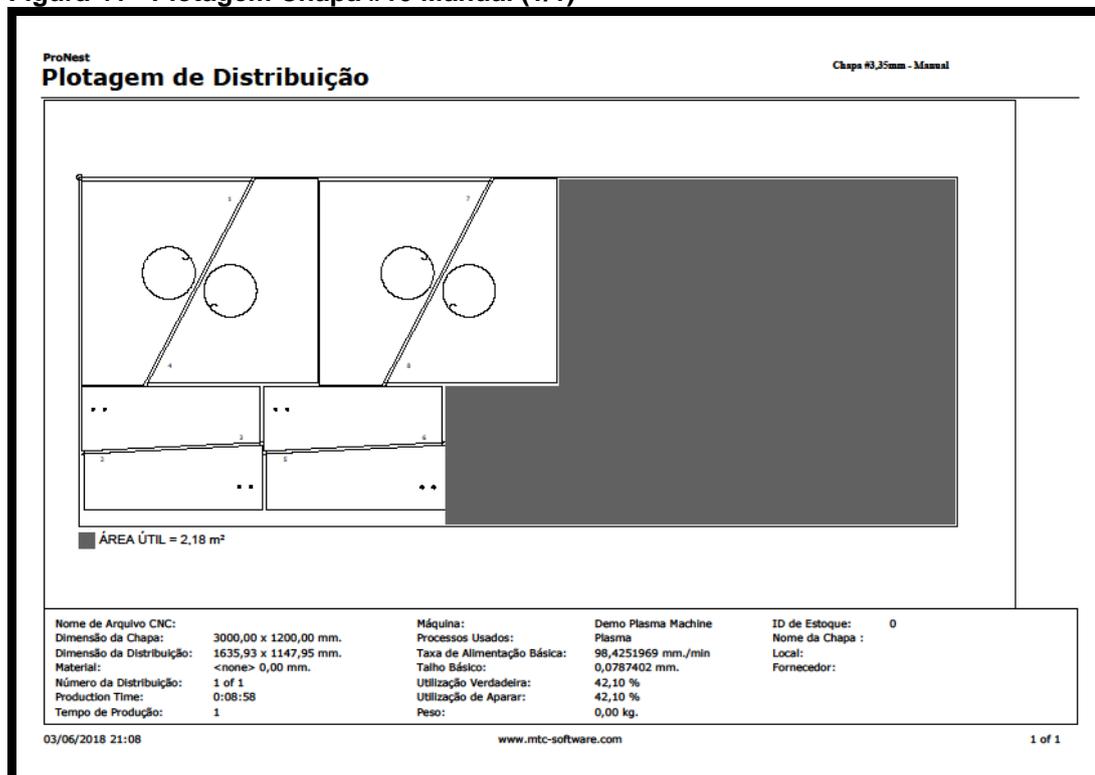
Fonte: Autoria Própria

Figura 40 - Plotagem Chapa #10 Aut. (1/1)



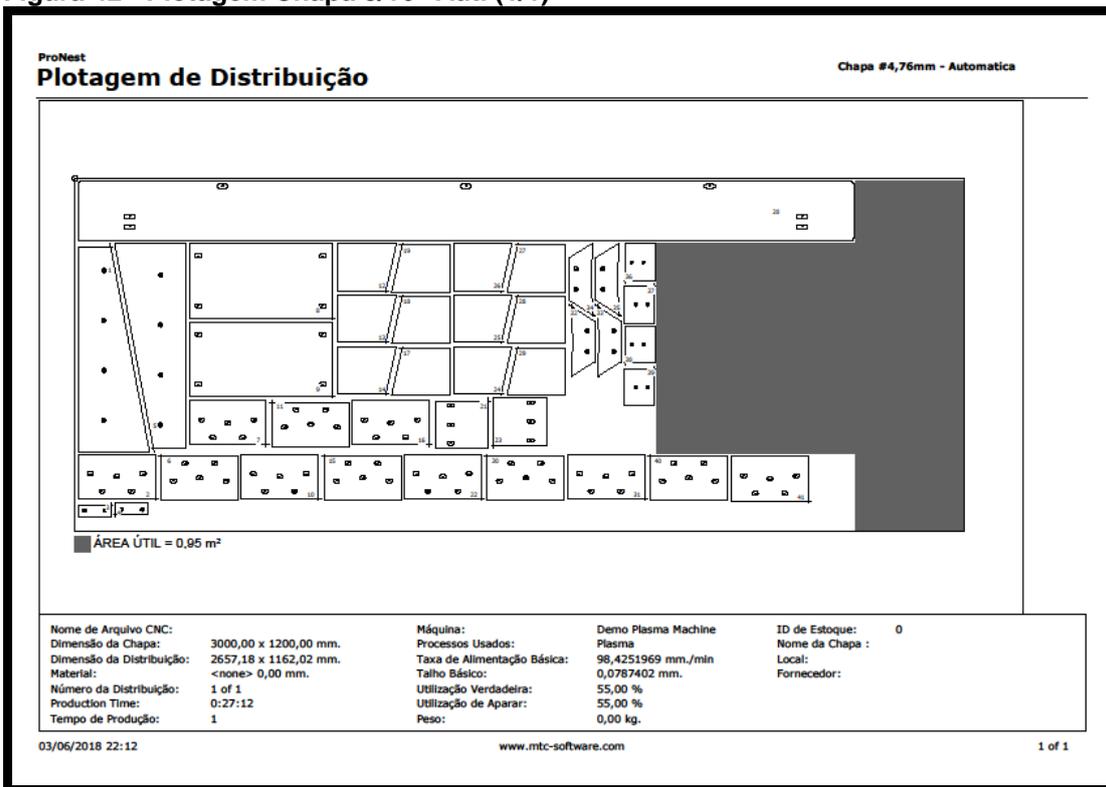
Fonte: Autoria Própria

Figura 41 - Plotagem Chapa #10 Manual (1/1)



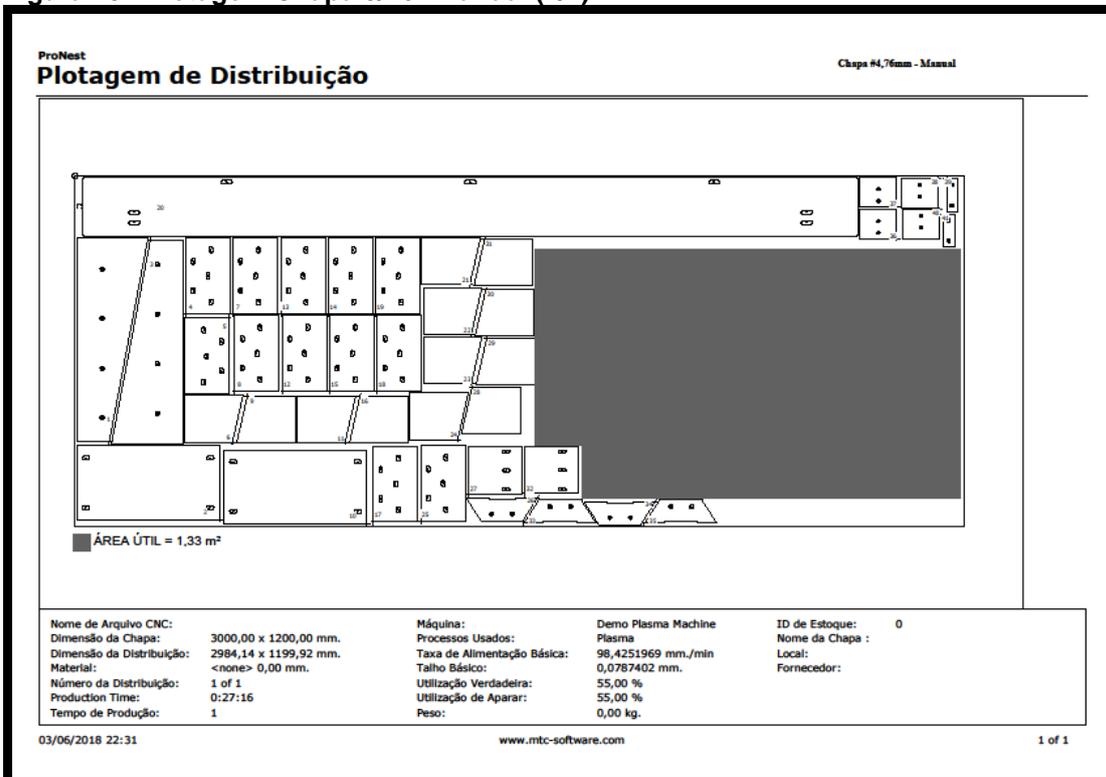
Fonte: Autoria Própria

Figura 42 - Plotagem Chapa 3/16" Aut. (1/1)



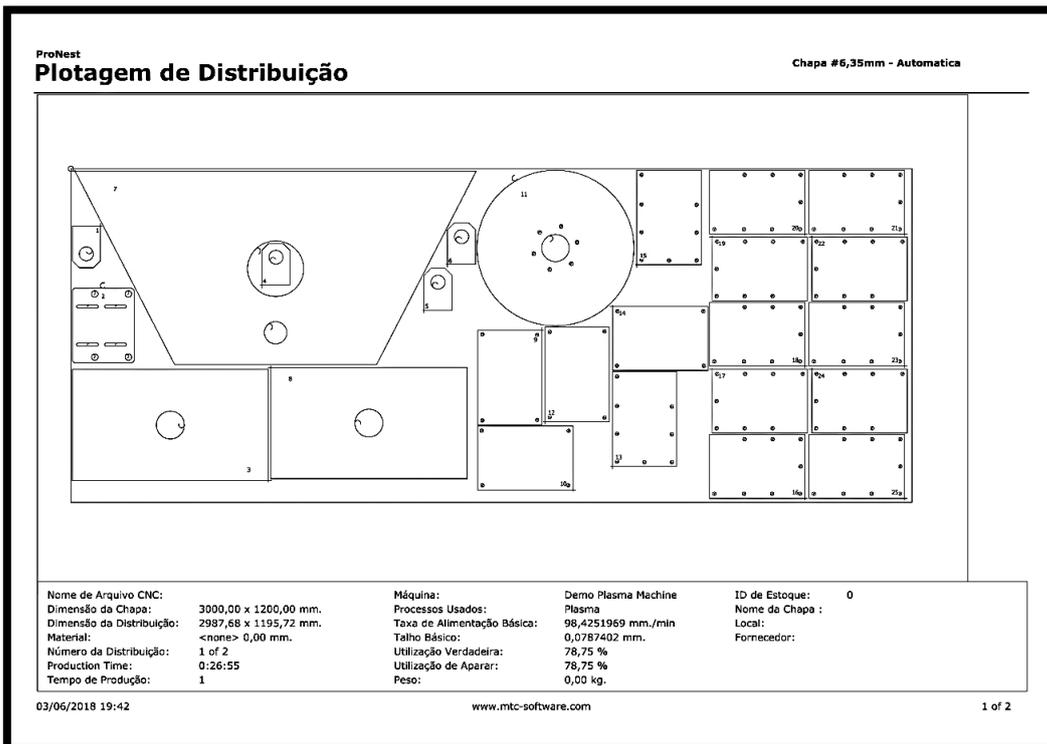
Fonte: Autoria Própria

Figura 43 - Plotagem Chapa 3/16" Manual (1/1)



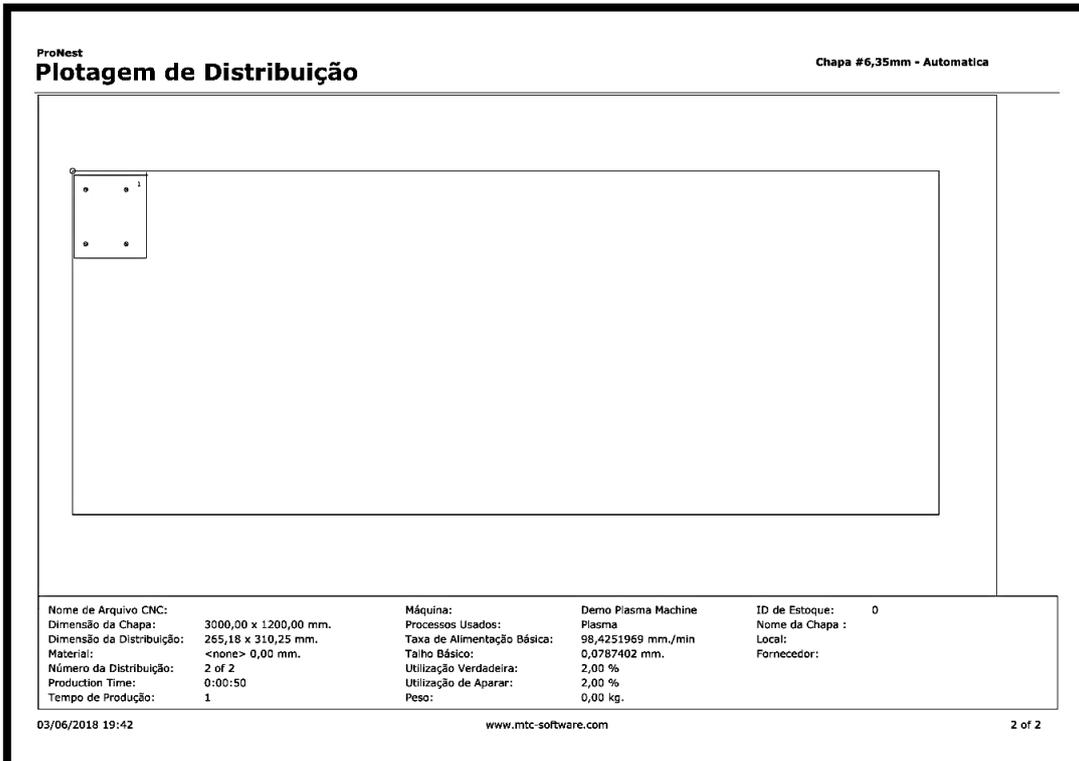
Fonte: Autoria Própria

Figura 44 - Plotagem Chapa 1/4" Aut. (1/2)



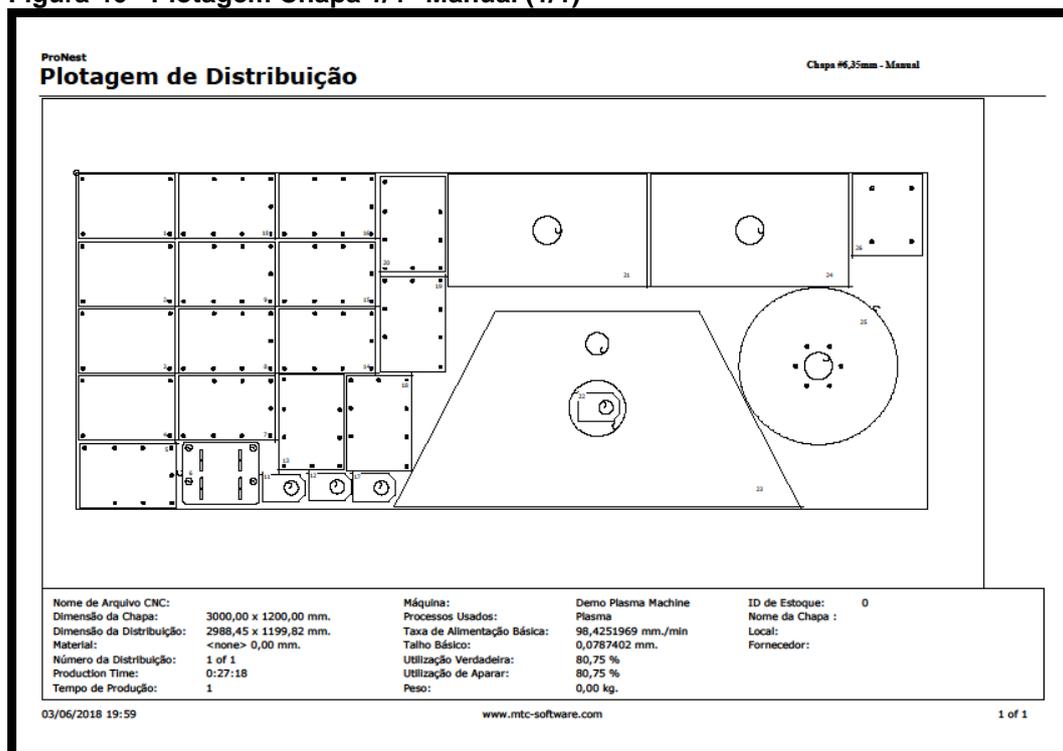
Fonte: Autoria Própria

Figura 45 - Plotagem Chapa 1/4" Aut. (2/2)



Fonte: Autoria Própria

Figura 46 - Plotagem Chapa 1/4" Manual (1/1)



Fonte: Autoria Própria