

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA 10ª FASE
JOSÉ ALDECI DE SOUZA JUNIOR

**CRIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO EM
MESA CNC CORTE PLASMA**

**LAGES
2019**

JOSÉ ALDECI DE SOUZA JUNIOR

**CRIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO EM
MESA CNC CORTE PLASMA**

Estudo sobre a criação e implantação de um plano de manutenção para uma Mesa CNC Corte Plasma, apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte dos requisitos para a avaliação da disciplina de TCC II.

Orientador Paulo Fernando Schmidt Spieker.

**LAGES
2019**

JOSÉ ALDECI DE SOUZA JUNIOR

**CRIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO EM
MESA CNC CORTE PLASMA**

Estudo sobre a criação e implantação de um plano de manutenção para uma Mesa CNC Corte Plasma, apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte dos requisitos para a avaliação da disciplina de TCC II.

Orientador Paulo Fernando Schmidt Spieker.

Lages, SC, __ de _____ de 2019. Nota _____

Professor Paulo Fernando Schmidt Spieker

Prof. Rodrigo Botan, Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica.

**LAGES
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me abençoar em todos os momentos, me dando força e coragem para continuar.

Aos meus pais Neuzi e José, por serem simplesmente incríveis, me auxiliando e motivando de todas as formas possíveis.

A minha namorada Maíra pelo apoio e carinho incondicional.

A meu primo Anderson por me acompanhar durante esses anos de engenharia, sendo um colega inseparável de trabalhos e estudos.

A toda a minha família e amigos pelas palavras de incentivo e torcida em todos os momentos.

Ao meu orientador Paulo pelo suporte, ideias e acompanhamento, também ao professor Reny pelos ótimos conselhos, e não posso me esquecer de todos os outros professores e professoras que me ajudaram e inspiraram durante esses cinco anos de estudos.

CRIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO EM MESA CNC CORTE PLASMA

RESUMO

O planejamento de ações garante organização, agilidade e qualidade nos procedimentos executados. Estes planos podem ser utilizados nos mais diversos setores industriais, principalmente nos setores de manutenção, já que possuem vários equipamentos com procedimentos, datas e períodos específicos para execução. Quando nos deparamos com equipamentos sem planos de manutenção, devemos encara-los como oportunidades de melhoria. O correto planejamento e cuidado com estes ativos, aumenta sua vida útil, produtividade e qualidade, além da diminuição de custos com manutenção. Este trabalho buscou criar e implementar um plano de manutenção que controle todas as ações sobre um equipamento muito importante à empresa Irmãos Passaúra S/A. A Mesa CNC Plasma não possuía de um controle sobre os procedimentos de manutenção que acontecem ou aconteceram no equipamento. O plano de manutenção possibilita uma melhor organização nos procedimentos de manutenção e também a criação de indicadores de manutenção para o acompanhamento da máquina. O controle também possibilita um acompanhamento sobre a produção do equipamento, gerando indicadores de custos e receitas, que afetam diretamente o faturamento da empresa.

Palavras-chave: Planejamento da Manutenção, Controle da Manutenção, Mesa CNC Plasma, Gestão de Custos da Manutenção.

CRIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO EM MESA CNC CORTE PLASMA

ABSTRACT

The planning of actions guarantees organization, agility and quality in the executed procedures. These plans can be used in various industrial sectors, mainly in the maintenance sectors, since they have several equipment with specific procedures, dates and periods for execution. When we come across equipment with no maintenance plans, we should see them as opportunities for improvement. The correct planning and care with these assets increases its useful life, productivity and quality, as well as the reduction of maintenance costs. This work sought to create and implement a maintenance plan that controls all actions on a very important equipment to the company Irmãos Passaúra S / A. The Plasma CNC Table does not have a control over the maintenance procedures that happen or have happened in the equipment. The maintenance plan allows for better organization of maintenance procedures and also the creation of maintenance indicators for monitoring the machine. The control also makes it possible to monitor production of the equipment, generating cost and revenue indicators that directly affect the company's billing.

Keywords: Maintenance Planning, Maintenance Control, CNC Plasma Table, Maintenance Cost Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desmembramento do setor de manutenção.....	14
Figura 2 - Novo desmembramento do setor de manutenção.....	14
Figura 3 - Gráfico comparativo de manutenções, Custo x Tempo	19
Figura 4 - Produtividade de manutenções sem planejamento.....	20
Figura 5 - Estratégias de manutenção e seus custos	21
Figura 6 - Transformação de Estado	28
Figura 7 - Esquema de tocha plasma	29
Figura 8 - Mesa CNC Corte Plasma	30
Figura 9 - Mesa CNC Corte Plasma 2	31
Figura 10 - Mesa CNC Corte Plasma 3	31
Figura 11 - Grades e Tanques	32
Figura 12 - Estrutura da Mesa.....	33
Figura 13 - Estrutura da Mesa 2.....	33
Figura 14 - Comparação dos processos Powermax85 Plasma x Oxicorte.....	34
Figura 15 - Consumíveis Corte Plasma	35
Figura 16 - Fonte Plasma Hypertherm Powermax85A.....	36
Figura 17 - Computador de Comando	37
Figura 18 - Componentes Eletrônicos.....	37
Figura 19 - Como Inspeccionar os Consumíveis	39
Figura 20 - Manutenção e Reparos para Fonte Plasma.....	41
Figura 21 - Cabo de Aço Fechando Contado.....	43
Figura 22 - Calendário de Manutenções - Ano 1	47
Figura 23 - Sistema de Abas Excel	50
Figura 24 - Aba Resumo Semanal	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo do custo dos consumíveis (bico e eletrodo por metro cortado).....	35
Quadro 2 - Elementos e Equipamentos da Mesa	44
Quadro 3 - Procedimentos de Manutenção	45
Quadro 4 - Quadro de Códigos por Procedimento.....	46
Quadro 5 - Procedimentos Diários x Procedimentos Semanais e Mensais	48
Quadro 6 - Comparativo Entre Períodos Sem e Com Plano	58
Quadro 7 - Comparação dos Períodos	59
Quadro 8 - Comparativo de Custos de Corte	60
Quadro 9 - Custos CP x SP	60
Quadro 10 - Diferença de Custos.....	60
Quadro 11 - Análise dos Objetivos Parte 1	61
Quadro 12 - Análise dos Objetivos Parte 2.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAD – *Computer-Aided Design*

CAM – *Computer-Aided Manufacturing*

CN – Comando Numerico

CNC – *Computer Numeric Control*

DXF – *Drawing Exchange Format*

EPI – Equipamento de Proteção Individual

HH – Homem Hora

ISO – *Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização)

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio para Reparo)

NBR – Norma Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PCM – Planejamento e Controle de Manutenção

TMPE – Tempo Médio Para Falha

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. JUSTIFICATIVA.....	11
1.2. PROBLEMA A SER PESQUISADO.....	12
1.3. OBJETIVO GERAL.....	12
1.3.1. Objetivos Específicos	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. DEFINIÇÕES.....	13
2.2. HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	13
2.3. TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	16
2.3.1. Manutenção Preventiva	16
2.3.2. Manutenção Preditiva	17
2.3.3. Manutenção Corretiva	18
2.3.4. TPM – Manutenção Produtiva Total	19
2.3.5. Manutenção de Ocasão	19
2.4. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO.....	20
2.5. INDICADORES DE DESEMPENHO DE MANUTENÇÃO.....	22
2.5.1. MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo Médio entre Falhas)	22
2.5.2. MTTR – Mean Time To Repair (Tempo Médio para Reparo)	22
2.5.3. TMPF – Tempo Médio Para Falha	23
2.5.4. Disponibilidade do Maquinário	23
2.5.5. Confiabilidade do Maquinário	23
2.5.6. Custo de Manutenção por Faturamento	24
2.6. CICLO PDCA.....	24
2.7. ATIVOS EM ESTUDO.....	26
2.7.1. Máquinas CNC	26
2.7.2. Corte Plasma	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1. DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	30
3.1.1. Estrutura	32
3.1.2. Corte Plasma	34
3.1.3. Central de dados e componentes eletrônicos	36
3.1.4. Operação de corte	38
3.1.5. Estado atual do controle de manutenção	38
3.1.6. Manutenção aplicada atualmente	39
3.1.7. Recomendações dos fabricantes	40

3.1.8.	Histórico de Falhas e Defeitos.....	41
3.2.	CLASSIFICAÇÃO DAS PEÇAS DA MÁQUINA	44
3.3.	CRIAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO	44
3.3.1.	Plan – Plano	45
3.3.2.	Do – Execução dos Procedimentos	48
3.3.3.	Check – Checagem da Execução do Serviço.....	49
3.3.4.	Action – Ações tomadas sobre informações do ciclo “Check”	49
3.4.	SISTEMA PARA CONTROLE DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO	50
3.4.1.	Monitoramento de Manutenção	50
3.4.2.	Resumo Monitoramento de Manutenção.....	51
3.4.3.	Monitoramento de Corte.....	53
3.4.4.	Indicadores e Gráficos.....	53
3.5.	IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO E PROCEDIMENTOS	54
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
4.1.	PLANO DE MANUTENÇÃO.....	56
4.2.	PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS	56
4.3.	CONTROLE DE MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO	56
4.4.	RECEITA SOBRE CORTES.....	56
4.5.	COMPARATIVO PERÍODO SEM PLANO E PERÍODO COM PLANO	57
4.6.	ANÁLISE DOS OBJETIVOS PROPOSTOS.....	60
5.	CONCLUSÃO	63
5.1.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	63
6.	REFERÊNCIAS.....	65
7.	APÊNDICE.....	69
	APÊNDICE A - QUADRO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO	69
	APÊNDICE B – CALENDÁRIO COMPLETO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO	70
	APÊNDICE C – PLANILHA PARA MONITORAMENTO DE MANUTENÇÃO	71
	APÊNDICE D – PLANILHA PARA MONITORAMENTO DE CORTE.....	72
	APÊNDICE E – PLANILHA DE INDICADORES E GRÁFICOS	73

1. INTRODUÇÃO

Dentro da indústria metal mecânica, na fabricação de estruturas, tubulações, dispositivos para serviços diversos e equipamentos, a utilização de chapas de diferentes materiais para a construção dos mesmos é inevitável. Os principais materiais utilizados são os ferrosos, empregados nas mais diversas formas dentro desses projetos.

Para uma melhor qualidade das peças, eliminação de riscos ergonômicos e agilidade no serviço, algumas máquinas são utilizadas para o trabalho de transformações dessas chapas. Uma dessas máquinas é a *Mesa CNC Plasma*, utilizada para corte de chapas de diferentes espessuras e formatos, utilizando sistemas *CNC*, *CAD/CAM* e corte por plasma.

Essas máquinas possibilitam cortes nos mais diversos formatos, garantem baixos erros dimensionais (na casa de 0,2 mm) com uma alta velocidade de trabalho. Sendo notável sua importância nos centros de fabricação.

A empresa Irmãos Passaúra S/A, especializada em montagem e manutenção industrial há mais de 30 anos, em seu último projeto, fabricou 40 toneladas de suportes e dispositivos, boa parte das peças empregadas nesses produtos foram cortadas na mesa CNC da empresa, logo vemos que a mesma é extremamente importante para o desenvolvimento e conclusão da obra. A falha do equipamento poderia gerar diversos contratempos e gastos desnecessários.

A partir disso obteve-se a necessidade da criação e implantação de um plano de manutenção para a máquina, este plano têm como objetivo garantir a disponibilidade e confiabilidade do equipamento, auxiliando na prevenção de quebras e tempos elevados de inatividade.

1.1. JUSTIFICATIVA

O trabalho em questão busca estudar as melhorias provenientes da utilização de planos de manutenção em equipamentos da indústria metal mecânica de montagem e manutenção industrial. Essas melhorias incluem menores tempos de parada, aumento da disponibilidade e confiabilidade do equipamento, controle das atividades de manutenção, redução de custos e desperdícios provenientes do mau planejamento da manutenção.

1.2. PROBLEMA A SER PESQUISADO

O equipamento em questão não possui planos ou procedimentos de manutenção, logo, quando falhas acontecem, o atraso na produção ou diminuição da qualidade do serviço é inevitável. A máquina também não possui um controle ou planejamento sobre peças sobressalentes, quando há a necessidade de troca de alguma dessas peças, é necessário realizar a encomenda das mesmas. Para isto, encontra-se uma grande dificuldade, já que os fornecedores são de outras regiões, gerando longos períodos de inatividade da máquina.

1.3. OBJETIVO GERAL

Criar métodos e procedimentos que garantam a confiabilidade e disponibilidade da máquina, reduzir custos de manutenção e tempos de inatividade provenientes de quebras inesperadas, estudar formas de planejamento para compra de peças sobressalentes e, por fim, criar formas para que o plano de manutenção continue sendo aplicado.

1.3.1. Objetivos Específicos

- Levantar dados sobre a máquina (componentes, preços, procedimentos, manual);
- Levantar e verificar histórico de quebras e falhas;
- Analisar modos de operação e cenário atual;
- Criação e implantação do plano e controle de manutenção;
- Adequação do plano de manutenção dentro do ciclo PDCA, para que o mesmo continue sendo aplicado corretamente e melhore de forma contínua.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. DEFINIÇÕES

De acordo com VIANA (2002), a palavra manutenção deriva da palavra em latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, e está presente desde o momento em que a humanidade começou a manusear instrumentos de produção.

Segundo ABNT - NBR 5462:1994, com o título de “Confiabilidade e Manutenibilidade”, manutenção é a combinação de ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado em que possa desempenhar sua função. A norma também define manutenibilidade como a capacidade de manter um item em condições onde ele possa executar suas funções, sob condições de uso e operação específicas e prescritas.

Conforme COSTA (2013), mesmo existindo diversas definições para manutenção com enfoque em aspectos preventivos, conservativos e corretivos da atividade, é interessante levar em conta que nos últimos tempos, novos aspectos foram atribuídos ao sentido de manutenção, podem ser esses, custos e confiabilidade, essas novas definições são consequências do aumento da importância da manutenção dentro das organizações.

2.2. HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Desde quando o homem começou a manusear instrumentos e desenvolver equipamentos para produção de bens, a manutenção foi nascendo conforme as novas necessidades apareciam. Por fim, a manutenção acompanhou a evolução do setor técnico-industrial e se desenvolveu junto dele, no fim do século XIX, com a mecanização de alguns equipamentos, surgiu a necessidade dos primeiros reparos, porém até 1914, a manutenção era delegada aos próprios operadores dos equipamentos (NETO, 2017).

Só após a II Guerra Mundial, a necessidade por uma produção mais ágil e ao mesmo tempo mais confiável, mostrou que a manutenção corretiva não era suficientemente capaz de atender o mercado atual. A manutenção preventiva, nasceu desta nova necessidade global, não só com a finalidade de corrigir as falhas, mas também evita-las, por fim, a manutenção tornou tão importante quanto a operação (NETO, 2017).

Na década de 1950, com o aumento significativo do mercado industrial, necessidades pós guerra e evolução de setores como aviação comercial e indústria eletrônica, observou-se

que em muitos casos o tempo gasto para diagnóstico de falhas era maior que o tempo de reparo, logo, os gerentes industriais, começaram a criar equipes especializadas no assunto manutenção, esse órgão de pessoas era denominado “Engenharia de Manutenção”, e tinha como compromisso, planejar e controlar a manutenção e analisar causas e efeitos das avarias (NETO, 2017).

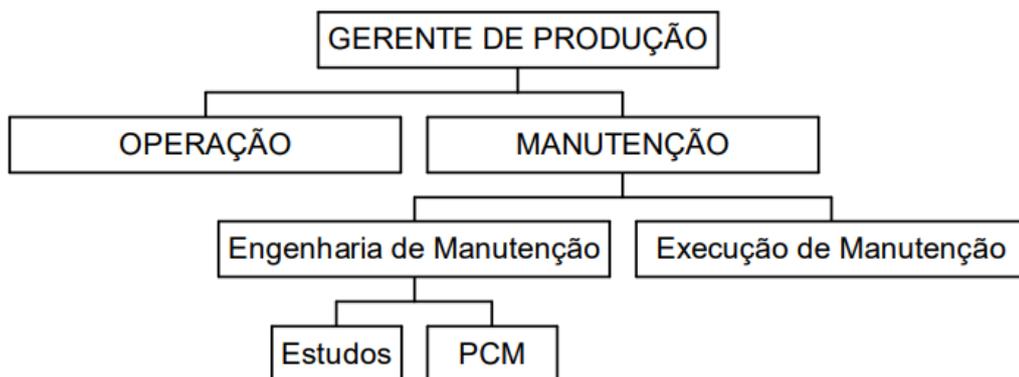
Figura 1 - Desmembramento do setor de manutenção



Fonte: TAVARES (2005)

Este método de manutenção ficou conhecido como “Manutenção Produtiva”, porém funcionava basicamente da mesma forma que as manutenções preventivas, que aconteciam em períodos de tempo pré-determinados, e por fim com o impulso de novas tecnologias na área de instrumentos de proteção e medicação e o fortalecimento de Associações Nacionais de Manutenção, a engenharia de manutenção começou a desempenhar funções mais sofisticadas de manutenção o que acarretou em mais um desmembramento do setor de manutenção e a criação do PCM (Planejamento e Controle de Manutenção) e de Estudos de Ocorrência. (TAVARES, 2005).

Figura 2 - Novo desmembramento do setor de manutenção



Fonte: TAVARES (2005)

Em 1960 os russos começaram a se perguntar o porquê da necessidade de “Ciclos de Manutenção”, esses ciclos significam o período de tempo entre duas “Revisões Gerais”, que representam diversos ajustes, substituições e a parada do equipamento. A partir deste questionamento, eles então apresentam a ideia de que deveriam ser feitas inspeções sistemáticas, que iriam acompanhar a evolução e desenvolvimento de possíveis falhas e defeitos, sem a necessidade de paradas, por fim a revisão geral seria definida a partir das leituras e interpretação dos dados, o que eliminaria paradas desnecessárias, esse tipo de manutenção foi a precursora da manutenção preditiva por análise de sintomas. (TAVARES, 2005).

A partir dos anos 70, começaram a levar em conta, questões como custos do processo de gestão de manutenção, que ficou conhecida como Terotecnologia, essa ciência da manutenção, combina assuntos como meios financeiros, estudos de confiabilidade, avaliações técnicas-econômicas e métodos de gestão, com a finalidade de gerenciar de forma mais inteligente a vida útil dos equipamentos, esse tipo de manutenção influencia diretamente em decisões estratégicas das empresas. Ainda na década de 70, os japoneses introduzem no mercado o termo TPM (*Total Productive Maintenance*), traduzindo, Manutenção Produtiva Total, essa manutenção procura estudar o ciclo produtivo ocioso de operação, e executar rotinas de manutenção durante esses períodos, de forma a melhorar a qualidade do processo e diminuir custos referentes a paradas de máquina (NETO, 2017).

A TPM busca uma melhor utilização da taxa de vida dos equipamentos, a partir da avaliação do impacto de intervenções e incidências no maquinário, e o envolvimento e participação das outras áreas na busca de melhorias produtivas (TAVARES, 2005).

Durante a década de 80, com o aumento da exigência da qualidade de produtos e processos, o setor de manutenção se tornou oficialmente um elemento necessário na área de produção de bens, já que impactava diretamente na qualidade do produto final, esse reconhecimento veio por meio da inclusão da função “Manutenção” na ISO 9000 de 1993, já identificada pela ONU em 1975. E no final do século passado, os setores de manutenção se tornaram ainda mais importantes, se equiparando ao setor de operação, o PCM começou a desempenhar funções ainda mais importantes dentro da área de produção, através do registro das informações e análise de resultados, auxiliando os gerentes de produção, operação, e manutenção na tomada de decisões (NETO, 2017).

2.3. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Segundo WEBER (2008), existem basicamente dois tipos de manutenção, as planejadas e as não planejadas. No grupo das planejadas, temos: Preventiva, preditiva, TPM e Terotecnologia. Já no grupo das não planejada, temos: Manutenção corretiva e manutenção de ocasião.

2.3.1. Manutenção Preventiva

“Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item” (ABNT 5462 – 1994).

Classificamos como manutenção preventiva, toda intervenção de manutenção realizada em momentos em que a máquina não está quebrada ou que não apresente defeito ou falha (VIANA, 2002).

LOURENÇO (2018), apud, AURAS e MORO (2016), afirmam que esse tipo de manutenção é um estágio inicial a manutenção programada, e deve seguir um padrão, realizando paradas periódicas para a manutenção do equipamento, com o objetivo de prolongar a vida útil do mesmo.

“O método preventivo proporciona um determinado ritmo de trabalho, assegurando o equilíbrio necessário ao bom andamento das atividades” (WEBER, 2008).

Um dos principais problemas que atingem todos os tipos de empresas é o controle de peças de reposição, umas das obrigações dos órgãos de manutenção preventiva é diminuição dos estoques de peças, isso é possível graças a organização de prazos para reposição de peças. Se uma peça apresenta uma falha, mesmo que ela não venha a criar um colapso na máquina, o sistema acaba sofrendo algum tipo de sobrecarga devido a essa única peça com defeito, fazendo com que todas as outras peças tenham suas vidas uteis afetadas. A única forma de prevenir esse tipo de problema, é a troca da peça com antecedência e essa troca é proporcionada pela manutenção preventiva (WEBER, 2008).

A manutenção preventiva segundo LOURENÇO (2018), apud, NANCABÚ (2011), traz mais alguns benefícios como: redução da perda de produção, troca de manutenção emergencial por manutenção programada o que gera redução nas horas extras voltadas a manutenções emergenciais, melhor ambiente de trabalho e redução dos custos de fabricação.

Porém COSTA (2013), apud, ALMEIDA (2010), advertem que todos os programas de gerenciamento de manutenção preventiva, adotam que as máquinas degradam de formas

particulares, seguindo curvas pré-determinadas, ou seja, seguem dados estatísticos, esses dados não levam em conta as variáveis do processo ou da planta industrial, exemplo, bombas de bombeamento, onde as mesmas realizam o bombeamento de líquidos com graus de viscosidade diferentes, é evidente que uma irá apresentar falhas antes da outra. Isso faz com que possam ocorrer dois cenários de defeitos na manutenção preventiva. Um desses cenários é que a manutenção ocorrera muito cedo, fazendo que a peça seja trocada de forma prematura, e o outro cenário será onde aconteceu uma falha inesperada, onde a peça quebrou antes do esperado.

2.3.2. Manutenção Preditiva

“Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva” (ABNT 5462 – 1994).

É a manutenção que consegue indicar com precisão as condições reais de funcionamento da máquina, utilizando como base dados que informam o desgaste da mesma, de certa forma prevendo o tempo restante de vida útil dos componentes da máquina fazendo com que esse tempo seja bem aproveitado (WEBER, 2008).

O acompanhamento pode ser feito por monitoramento, medições ou controle estático e que existem quatro técnicas preditivas bastante utilizadas por indústrias que possuem programas de manutenção preditivas e essas são: Ensaio de ultra-som, análise de vibração mecânicas, análise de óleo lubrificante e termografia (VIANA, 2002).

Conforme OTANI (2008), o termo associado a manutenção preventiva é o de “predizer”, sendo esse o seu grande objetivo, prever as falhas nos equipamentos por meio de acompanhamento da máquina e seus parâmetros, permitindo um maior tempo de operação contínuo, privilegiando a disponibilidade, já que não irá promover paradas do equipamento. A intervenção só acontece quando os parâmetros acompanhados indicam a sua real necessidade, quando um grau de degradação ou um limite prévio estabelecido é atingido, a decisão de intervenção é tomada, fazendo com que possa ser realizada uma preparação previa para a manutenção.

Para WEBER (2008), os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;

- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

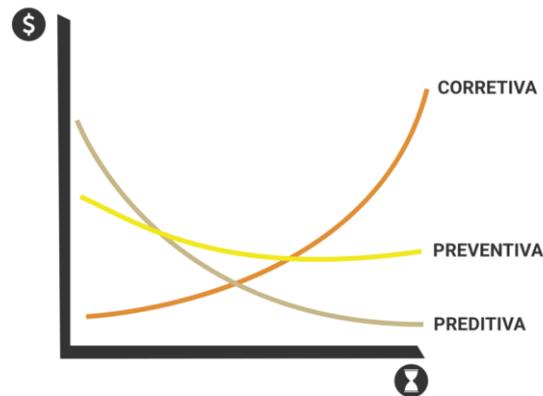
2.3.3. Manutenção Corretiva

“Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida” (ABNT 5462 – 1994).

Segundo FERNANDES (2010), sabendo que quando uma máquina quebra e para, a produção é comprometida, a manutenção corretiva é primeira solução tomada para que a produção volte ao normal, vemos então que, a manutenção corretiva é uma técnica de gerência reativa que espera pela falha do equipamento antes que outras formas de prevenção sejam tomadas. Dependendo do equipamento, é muito mais conveniente deixá-lo para (quebrar) para ser feita a manutenção, muitas vezes isso é devido ao mesmo não operar de forma contínua, ou se sua criticidade a produção for baixa, nesses casos a manutenção é chamado de manutenção corretiva planejada.

Ainda segundo FERNANDES (2010), a manutenção corretiva é o método mais caro de manutenção, devido a: Alto custo de estoque de peças sobressalentes, alto custo de trabalho extra, elevado tempo de parada da máquina e baixa disponibilidade de produção. Essas peculiaridades também geram uma diminuição na vida útil das máquinas e instalação, sem contar nas paradas que acontecem de forma aleatória.

Figura 3 - Gráfico comparativo de manutenções, Custo x Tempo



Fonte: SMARTBEE [200-?]

2.3.4. TPM – Manutenção Produtiva Total

A sigla TPM vem do termo em inglês *Total Productive Maintenance*, ou Manutenção Produtiva Total, é um programa criado com o objetivo de unir todos os níveis hierárquicos da equipe de manutenção, como supervisores, operadores e técnicos de manutenção, criando um senso de união e responsabilidade. O objetivo da TPM não é só manter o equipamento em funcionamento, mas também aumentar e otimizar seu desempenho (TONDATO, 2004, apud, HUTCHINS, 1998).

Na TPM os operadores são treinados para realizar manutenções de primeiro nível, essas manutenções podem ser: Limpeza, lubrificação e inspeção. Quando os operadores não conseguem resolver algum problema, o técnico de manutenção é chamado. Esse tipo de cuidado por parte dos operadores, faz com que as manutenções preventiva e de rotina estejam constantemente em ação (WEBER, 2008).

2.3.5. Manutenção de Ocasão

Podemos definir a manutenção de ocasião, do mesmo modo que definimos a manutenção não programada segundo ABNT.

“Manutenção que não é feita de acordo com um programa preestabelecido, mas depois da recepção de uma informação relacionada ao estado de um item” (ABNT 5462 – 1994).

Ela ocorre em momentos em que a máquina está parada, estando quebrada ou não, é utilizado este tempo de ociosidade para a realização de procedimentos de manutenção (WEBER, 2008).

2.4. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Segundo DA SILVA (2015), planejamento estratégico é um processo contínuo dentro das organizações que procura alcançar objetivos, executando os mesmos de forma mais eficiente, utilizando o mínimo de recursos o possível, baseando-se em análises críticas dos cenários futuros e traçando estratégias e planos, procurando concentrar todos os esforços no objetivo final.

De acordo com TEIXEIRA (2015), em qualquer área ou setor, para obter sucesso, as empresas devem possuir um planejamento bem estruturado, que devem elaborar estratégias que resultem no cumprimento de metas e objetivos pré-estabelecidos.

A manutenção inclui diversos tipos de ações, como: Inspeções, medições, testes, ajustes, até complexas reformas e trocas de peças, variando conforme o tipo de equipamento, fábrica, projeto e etc. Para que essas tarefas sejam bem executadas, é imprescindível a utilização de um planejamento, sem está preparação, a probabilidade de falhas e erros na ação de manutenção são bem grandes (XENOS, 1998).

Figura 4 - Produtividade de manutenções sem planejamento



Fonte: TELES (2018)

Entende-se sobre os estudo de DA SILVA NETO (2002), que o plano de manutenção pode ser dividido em três etapas: Planejamento, programação e controle. Planejamento, tem a

finalidade de conhecer o trabalho a ser realizado e o levantamento de recursos para a realização do mesmo, levando em conta a capacidade de execução da empresa, o planejamento também determina as atividades conforme a mão de obra disponível. Programação, é a delegação das atividades conforme datas e pessoal, horários em que a intervenção irá acontecer, é a parte mais desafiadora do plano de manutenção, sendo necessário o replanejamento da mesma, várias vezes para a conquista dos objetivos. Controle, é a fiscalização dos dados das atividades da manutenção, como custos, tempo, metas, recursos materiais e financeiros, e comparação destes dados levantados com os planejados, tendo a finalidade mostrar os resultados do serviço prestado em relação ao serviço planejado, e em caso de divergências, auxilia como um indicador de anomalias, onde ajuda a equipe na identificação do problema.

Figura 5 - Estratégias de manutenção e seus custos



Fonte: TELES (2018)

Por fim, ainda segundo DA SILVA NETO (2002), o plano de manutenção deve responder as seguintes questões:

- Como?
- O quê?
- Em quanto tempo?
- Quem?
- Quando?
- Quanto?

Onde as três primeiras perguntas são endereçadas ao planejamento e as três últimas a programação. O controle por sua vez acontece a partir da coleta e tabulação de dados, e por fim uma devida interpretação dos mesmo, onde essas informações ajudaram na tomada de decisões.

2.5. INDICADORES DE DESEMPENHO DE MANUTENÇÃO

Os índices ou indicadores de manutenção, tem como função principal, guiar a empresa no caminho da qualidade, eles iram demonstrar como os ativos estão se comportando e se o plano de manutenção está sendo efetivo (VIANA, 2002).

Existem seis indicadores do setor da manutenção, que são muito utilizados ao redor do mundo, por isso ganham o nome de, “Índices Classe Mundial”.

2.5.1. MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio entre Falhas)

O tempo médio entre falhas é definido pela divisão da somatória de horas disponíveis do equipamento (HD), pelo número de intervenções no mesmo (NC). Este indicador auxilia no monitoramento das ações corretivas na máquina. O valor do MTBF subindo com o tempo, indica um aumento na disponibilidade e diminuição de ações intervenções no equipamento (VIANA, 2002).

$$MTBF = \frac{HD}{NC}$$

(1)

2.5.2. MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio para Reparo)

Tempo médio para reparo é a somatória do tempo de indisponibilidade do equipamento (HIM), dividido pelo número de intervenções no mesmo (NC). Com o passar do tempo, com o MTTR diminuindo, é um sinal positivo de que o tempo para reparo vem diminuindo e consequentemente o impacto na produção também aparente estar sendo menor (VIANA, 2002).

$$MTTR = \frac{HIM}{NC}$$

(2)

2.5.3. TPMF – Tempo Médio Para Falha

Este indicador, é utilizado em para equipamentos que não sofrem manutenção, ou seja, quando quebram, são descartados e substituídos por novos. Esse tipo de equipamento tem um MTTR igual a zero. Por fim, o MTTR mostra um tempo médio entre cada operação de troca e consiste entre o total de horas do equipamento para operação (HD), dividido pelo n° de falhas detectadas em componentes não reparáveis (VIANA, 2002).

$$\text{TPMF} = \frac{\text{HD}}{\text{N}^\circ \text{ de Falhas}}$$

(3)

2.5.4. Disponibilidade do Maquinário

Disponibilidade é a capacidade de um item executar sua função em dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, supondo que todos os recursos externos estejam conformes (ABNT 5462 – 1994).

A formula para o cálculo de disponibilidade pode variar de setor e de uma empresa para outra, porem de forma geral, a disponibilidade representa o percentual de dedicação do equipamento com a produção, em relação as horas totais do período (VIANA, 2002).

Podemos chegar a um valor de disponibilidade, seguindo a seguinte equação (4):

$$\text{DF} = \frac{\text{HO}}{\text{HO} + \text{HM}} \times 100\%$$

(4)

Onde HO é o tempo total de operação e HM é o tempo de paralisação para manutenção. O índice de disponibilidade é o principal indicador de maior importância para o setor de manutenção, já que o principal objetivo deste setor é disponibilizar o maior número de horas possível de equipamento para a operação, além de auxiliar o setor de manutenção na identificação de “equipamentos-problema”, responsáveis por retirar muito DF da planta (VIANA, 2002).

2.5.5. Confiabilidade do Maquinário

Confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo. Isso significa que confiabilidade é um cálculo probabilístico (TELES, 2018, apud, ABNT 5462 – 1994).

$$R(t) = e^{-\lambda * t}$$

(5)

Onde, R é *Reliability*, ou seja, Confiabilidade, t é o intervalo de tempo que o cálculo irá se basear, $e = 2,71$, λ é a taxa de falhas ou $\frac{1}{MTTR}$.

2.5.6. Custo de Manutenção por Faturamento

É a relação entre os gastos com manutenção (pessoal, materiais, contratação de serviços externos, depreciação e perda por faturamento) e o faturamento da companhia (VIANA, 2002).

$$CMF = \frac{FTC}{GCM} = \%$$

(6)

Onde, CMF é o custo de manutenção por faturamento, FTC é o faturamento da companhia e GCM são os gastos com manutenção.

2.6. CICLO PDCA

O método PDCA é utilizado pelas organizações para gerenciar os seus processos internos de forma a garantir o alcance de metas estabelecidas, tomando as informações como fator de direcionamento das decisões. (MARIANI, 2005).

“Ferramentas, programas e métodos para a qualidade viabilizam as ações gerenciais, possibilitam a otimização dos processos e colaboram para a identificação, compreensão e solução de problemas” (DA SILVA, 2011).

Elas tem como objetivo dar mais clareza ao trabalho e auxiliar na tomada de decisões se baseando em fatos e dados, ao invés de opiniões. Essas ferramentas são muito utilizadas na indústria também pela grande capacidade de remover distrações focando o trabalho na causa do problema, obtendo uma maior produtividade e redução de perdas, essas ferramentas utilizam técnicas específicas e gráficas que produzem melhores resultados do que processos não estruturados (MAICZUK, 2013).

O nome PDCA vem das iniciais do conjunto de ações que o ciclo pratica: **P**lan (Planejar), **D**o (Execução), **C**heck (Checar) e **A**ction (Ações).

Como o PDCA é uma ferramenta que visa o melhoramento contínuo, logo que um ciclo PDCA acaba, um outro pode tomar o seu lugar, um ciclo infinito de melhorias.

- **Plan – Planejar**

O primeiro passo do PDCA, consiste no planejamento de ações, ou seja, nesse passo a problematização, objetivo, métodos entre outras coisas relevantes, são estudadas afim de fornecer o máximo de informações possíveis para o grupo de planejamento. Podemos citar como principais objetivos do planejamento: Ditar tarefas, definir metas e objetivos, datas de execução, distribuição de equipes, realização de estudos, criação de organogramas, fluxogramas, histogramas dentre outras ferramentas de gestão (MENEZES, 2015).

O planejamento é crucial para que tudo ocorra de forma correta, facilitando e auxiliando o desenvolvimento do projeto. Para uma melhor gestão podem ser utilizadas mais ferramentas como 5W2H, Diagrama de Ishikawa, Gráfico de Pareto, o próprio ciclo PDCA, entre outros.

- **Do – Execução**

O segundo passo Do, consiste em começar a realizar as tarefas definidas pelo planejamento, e também a prática e execução de treinamentos afim de garantir qualidade e segurança.

Tem como principal objetivo realizar as tarefas do plano de ação e coletar dados referentes a execução.

- **Check – Checar**

Checar e monitorar o andamento da execução, ou seja, comparar os resultados da execução com o planejado. Nesse ponto podemos identificar problemas e desvios no processo, devemos então coletar esses dados para soluções e estudos futuros. Principal objetivo é comparar os resultados obtidos na pratica com os planejados, identificar problemas na execução e coletar informações sobre os mesmos (MENEZES, 2015).

É necessário a verificação de resultados não só no final do projeto, mas em todas as etapas, isso impede que causas fiquem invisíveis e efeitos “bola de neve”.

- **Action – Ações Corretivas**

Definição de ações que visam corrigir de imediato problemas encontrados na checagem. Essas ações procuram inibir que erros continuem acontecendo e que impedem a solução do problema (MENEZES, 2015).

As ações corretivas são extremamente importantes para a conclusão do projeto, só após a remediação dos problemas será possível alcançar a melhoria e assim a conclusão do plano, se as ações não forem efetivas os problemas iram retornar e continuar atrapalhando o processo.

O principal objetivo é aplicar ações corretivas sobre os problemas encontrados e garantir que os mesmos não voltem a aparecer com o intuito de garantir a eficácia do plano de ação.

“Quando não existem planos, as atividades de manutenção tendem a “pendular” entre um estado de tranquilidade e outro de estresse” (XENOS, 1998).

“O Ciclo PDCA, em uma abordagem mais simples, pode ser usado para manter ou melhorar os resultados de um processo. Quando o processo está estabilizado, o planejamento (P) consta de procedimentos padrões (Standard) e a meta já atingida é aceitável, utiliza-se o Ciclo PDCA para manutenção dos resultados” (MENEZES, 2015).

2.7. ATIVOS EM ESTUDO

2.7.1. Máquinas CNC

As máquinas CNC são máquinas-ferramenta que utilizam comando numérico computadorizado, essas ferramentas são programadas e controladas para que possam realizar serviços, como, furar, polir, fresar, retificar entre outras funções, tudo isso utilizando altas velocidades e com grande precisão. Geralmente são utilizadas junto de programas CAD/CAM (do inglês Computer-Aided Design e Computer-Aided Manufacturing respectivamente). O resultado da utilização dessas máquinas é o melhoramento da qualidade dos produtos obtidos nas linhas de montagem, diminuição do retrabalho e desperdício, além do aumento da produtividade (ASSIS, 2009).

Entendemos por “Comando Numérico (CN)”, ações realizadas a partir de números, este conceito surgiu nos de 1949/50 nos Estados Unidos da América, no Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT), sob a tutela da Parsos Corporation e da Força Aérea dos Estados Unidos, no início, a ideia foi utilizada em sistemas para controle de posicionamento de fusos de acordo com dados fornecidos por um computador. Entre os anos de 1955 e 1957, a Força Aérea Norte-Americana começou a utilizar em suas oficinas, máquinas que utilizavam CN, também foi nesta época que muitas outras empresas começaram a realizar estudos nessa área, mesmo assim a aplicação não era muito utilizada, devido ao alto custo e pouca experiência neste novo campo. A partir da década de 60, muitas máquinas foram criadas especialmente para serem utilizadas junto de comandos numéricos, o que aumento a confiança sobre o sistema e sendo largamente difundida e utilizada nos setores industriais, principalmente no setor da metalurgia (BIGATON, 2000).

As máquinas CNC são aplicadas geralmente em processos que necessitam de uma maior precisão, gerando um aumento do rendimento de trabalho e agilidade de processo, essas máquinas podem ser usadas nas mais diversas aplicações e visam atingir as características citadas anteriormente, o setor de usinagem é o que mais utiliza esse tipo de máquina (ALCÂNTRA, 2015).

Sua principal aplicação, acontecem em empresas de usinagem e/ou fabricação de unidades em séries repetitivas ou em ferramentarias que usinam peças complexas em lotes pequenos ou unitários (BIGATOM, 2000).

Algumas de suas vantagens são:

- Maior versatilidade do processo;
- Sistema de posicionamento controlado pelo CN de grande precisão;
- Redução na gama utilizável de ferramentas e processos de usinagem;
- Menor tempo de espera, movimentação de peças e tempo de preparação da máquina;
- Menor interação entre homem e máquina, as dimensões dependendo exclusivamente do comando numérico;
- Uso racional de ferramentas, equipamento e matéria prima;
- Aumento da qualidade do serviço;
- Facilidade na fabricação de perfis simples e complexos;
- Repetitividade dentro dos limites da máquina (BIGATON, 2000).

Mesmo com diversas vantagens, as máquinas CNC apresentam algumas desvantagens como, a necessidade de profissionais qualificados e com treinamento específico para operação e programação das mesmas, e um vida útil relativamente baixa, essa desvantagem ocorre devido a rápida evolução da eletrônica, equipamentos e sistemas, mesmo podendo operar durante longos períodos de tempos, essas máquinas acabam se tornando obsoletas e ultrapassadas se comparadas as novidades que diariamente aparecem no mercado, isso não quer dizer que elas são deixadas de lado, porém acabam demonstrando desvantagens que no início não apresentavam (ASSIS, 2009).

2.7.2. Corte Plasma

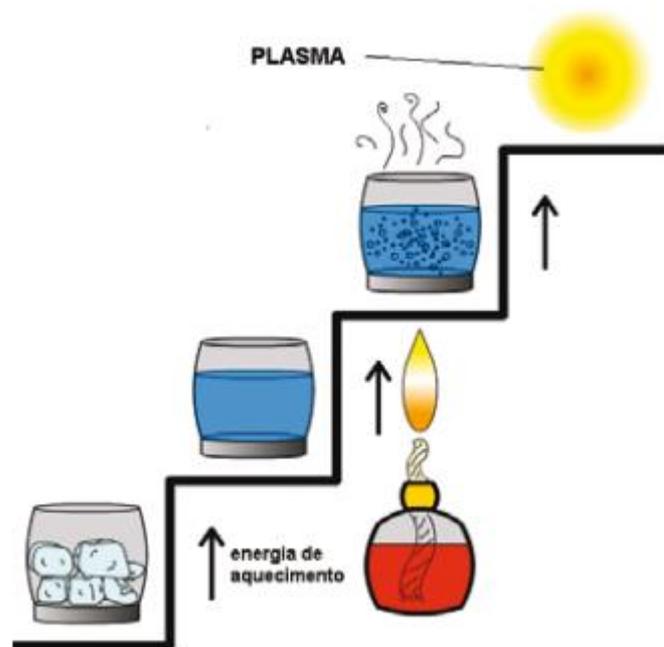
Para compreendermos o que é o corte por plasma, precisamos entender o que é o plasma primeiramente.

Os três principais estados da matéria são, sólido, líquido e gasoso, utilizando a água como exemplo, conseguimos os seguintes estados: gelo, água e vapor, estes estados evoluem

conforme adicionamos energia a eles, a forma de energia mais comumente usada é o fogo. Ao aquecermos o gelo ele se torna líquido, ou seja, a água, e ao adicionarmos calor a água, conseguimos vapor, ou seja, chegamos ao estado do gás. O plasma é alcançado quando adicionamos muita energia ao terceiro estado da matéria, o de gás, obtendo assim um quarto estado da matéria, este estado é chamado de plasma e ao alcançarmos, os gases se ionizam possibilitando que os mesmos se tornem condutores de energia, este gás ionizado é a base fundamental para que os sistemas a plasma operem (LIMA, [200-?]).

“Um exemplo de plasma, como aparece na natureza é o relâmpago. Como a tocha plasma, o relâmpago conduz eletricidade de um lugar a outro. No relâmpago, os gases do ar são gases ionizados” (URTADO, [200-?])

Figura 6 - Transformação de Estado



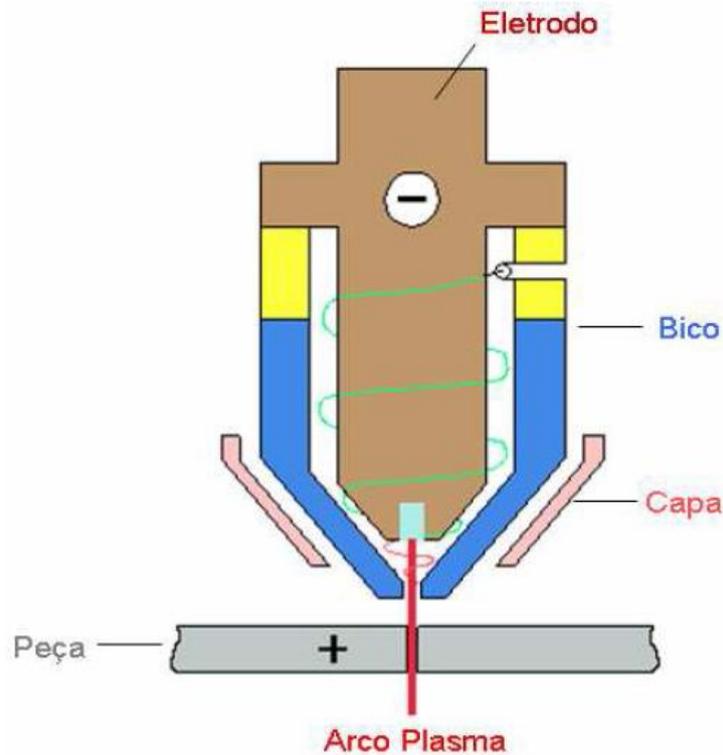
Fonte: Lima, [200-?]

Utilizado principalmente no corte de metais condutores, como o aço inox e alumínio. É um processo com um alto índice crescimento na indústria, em virtude da sua velocidade e precisão de cortes de metais (URTADO, 200-?)

A usinagem ou o processo de corte por arco plasma é obtido pela fusão do metal pelo arco comprimido, o metal fundido é “soprado” para fora da superfície que está sendo cortada por um jato de gás ionizado de alta velocidade (na maioria dos casos ar comprimido). Este tipo

de corte é largamente utilizado na manufatura de chapas curvadas e para corte de variadas formas (SANTIAGO, 2004, apud, MATSUMOTO, 1988).

Figura 7 - Esquema de tocha plasma



Fonte: URTADO, [200-?]

O processo foi criado nos anos de 1950 e os aprimoramentos foram adicionados para melhoramento do processo, principalmente focados nos consumíveis (elétrodo e bico), na melhoria da qualidade e no aumento de produção (LIMA, 2008).

O plasma é um dos principais processos de corte utilizado por fornecedores de chapas cortadas, bem como para diferentes setores como: Indústria automobilística, máquinas agrícolas, estruturas metálicas, caldeiraria e indústria naval. Os principais fatores que auxiliam nesse desenvolvimento é a necessidade por maior produção, novas tecnologias incorporadas ao processo que proporcionam uma melhora significativa de qualidade e velocidade, além do aumento da vida útil dos consumíveis, e o aumento da diversificação de fornecedores, o que proporciona um preço de consumíveis mais competitivos, possibilitando uma redução de custos e melhor capacitação dos envolvidos do processo (operador e equipe de mantenedores) (LIMA, 2008).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O equipamento em estudo trata-se de uma Mesa CNC Plasma para corte de chapas metálicas, variando espessuras de 2 mm a 25,4 mm. A mesma foi adquirida no ano de 2016, sendo de vital importância para muitas das obras e projetos que aconteceram no centro de fabricação Irmãos Passaúra.

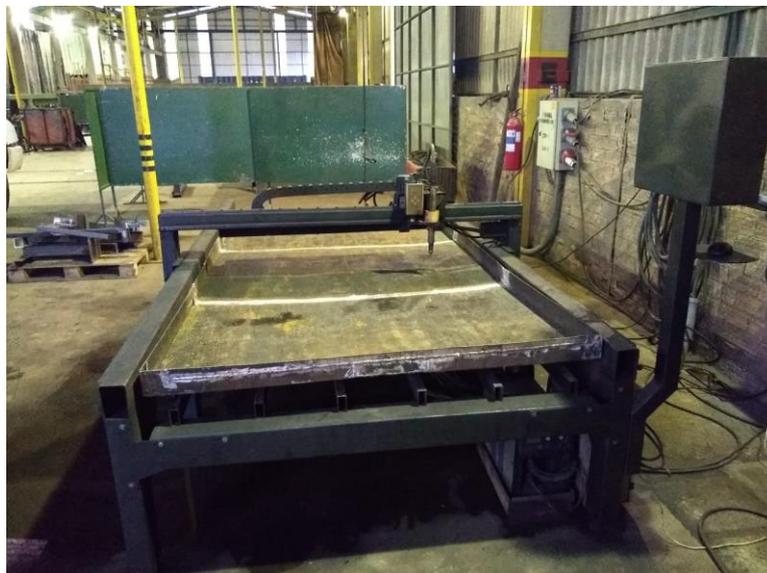
Sua compra justifica-se pelo aumento de serviços de corte na caldeiraria, que anteriormente eram feitos por lixadeiras, maçarico ou plasma manual, o que demandava um HH (Homem Hora) alto, ou eram encomendadas peças cortadas de outras caldeirarias, porém, nesse caso, os preços pagos pelo serviço eram altos e muitas vezes a dependência de terceiros gerava atrasos na entrega do serviço.

A mesa foi construída pelas empresas, LC Soldas e Serviços, fornecedora da fonte de corte plasma, e SD Equipamentos responsável pela montagem da Router (estrutura e sistema CNC).

Ela trabalha segundo parâmetros de programações CNC, seguindo conceito de manufatura CAD/CAM.

Possui uma área de corte de 4,5m² (3 x 1,5m), podendo operar de forma intermitente durante todo o expediente.

Figura 8 - Mesa CNC Corte Plasma



Fonte: Autor

Figura 9 - Mesa CNC Corte Plasma 2



Fonte: Autor

Figura 10 - Mesa CNC Corte Plasma 3



Fonte: Autor

Figura 11 - Grades e Tanques



Fonte: Autor

Para melhor compreender o equipamento, podemos dividi-lo em três frentes:

- Estrutura;
- Corte Plasma;
- Central de dados e componentes eletrônicos.

3.1.1. Estrutura

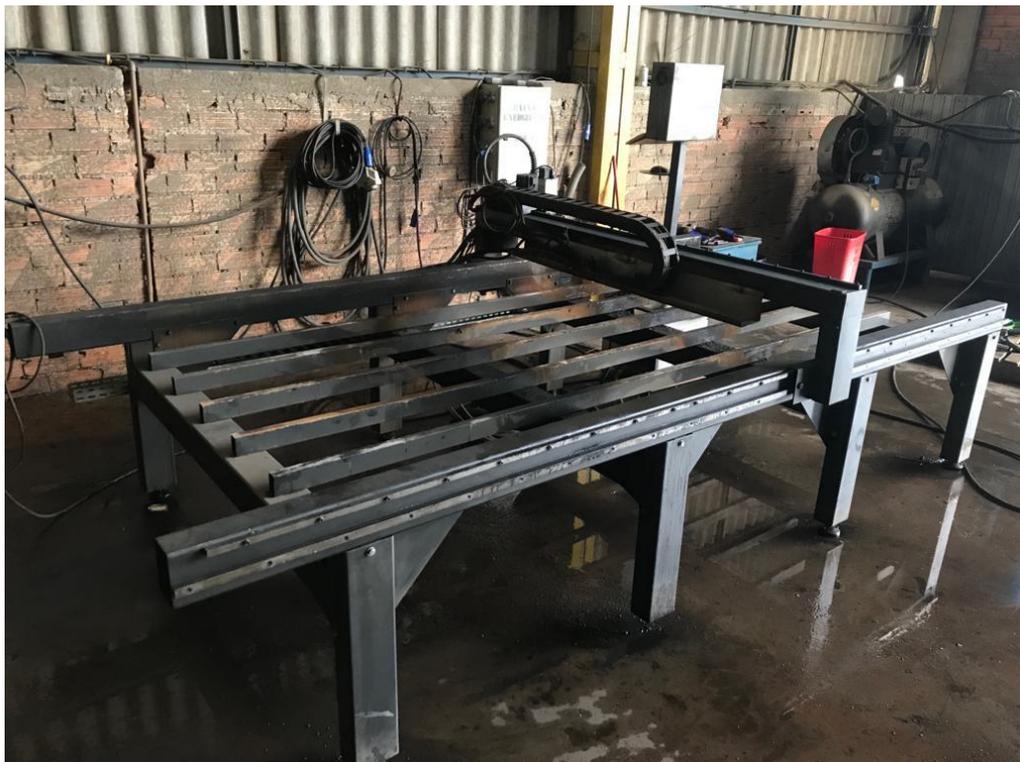
Constituída basicamente de chapas e tubos quadrados, a estrutura é responsável pela sustentação do conjunto. A fixação é feita por parafusos, porcas e solda. Junto da estrutura podemos citar os elementos que auxiliam na movimentação, como trilhos e cremalheiras, fixadas nas laterais da mesa e no carro de movimentação do eixo Y. Também podemos falar sobre os equipamentos que auxiliam o corte, como, grelhas de sustentação de chapas, responsáveis por “segurar” as chapas e evitar que as mesma não se movimentem durante o corte, e os tanques de água, que auxiliam na diminuição da fumaça e pó que são gerados durante o processo de corte e resfriamento do conjunto.

Figura 12 - Estrutura da Mesa



Fonte: Autor

Figura 13 - Estrutura da Mesa 2



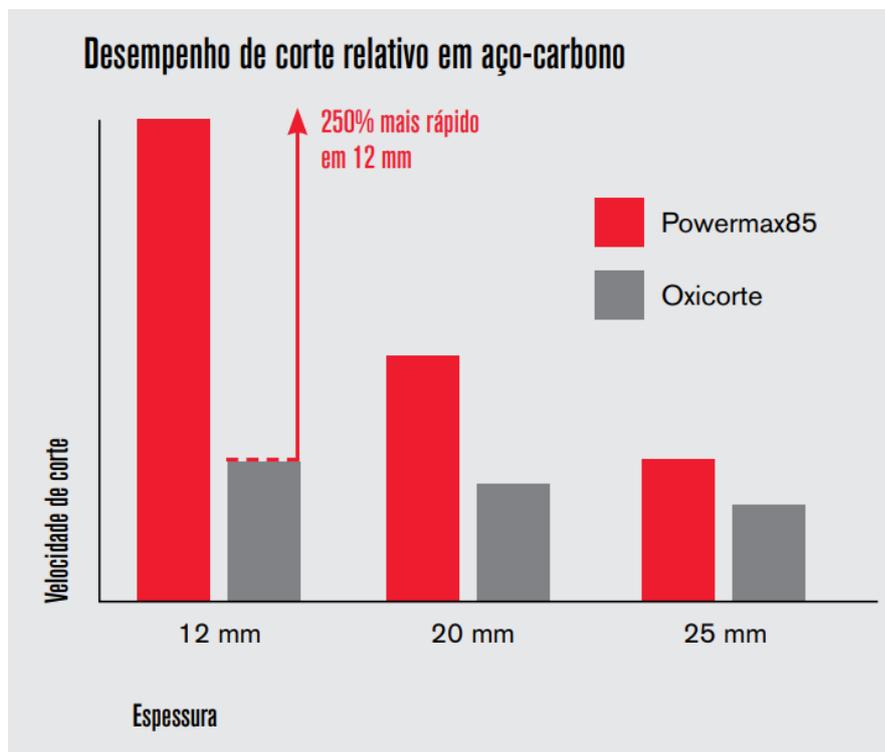
Fonte: Autor

3.1.2. Corte Plasma

Nesta parte entra a fonte de corte plasma e a tocha mecanizada, a fonte é uma *Hypertherm Powermax85*, Sistema profissional para corte a plasma e goivagem manual de metal de 25 mm e perfuração mecanizada de 20 mm, a tocha mecanizada é distribuída junto da fonte, onde pode ser substituída por uma tocha manual e a fonte pode ser usada normalmente como um plasma manual.

Segundo a fabricante Hypertherm, a fonte powermax85 consegue realizar o serviço mais rápido que os sistemas a oxicorte, atingindo velocidades duas vezes e meia maiores que o processo de oxicorte em chapas de 12 mm.

Figura 14 - Comparação dos processos Powermax85 Plasma x Oxicorte



Fonte: Hypertherm, [200-?]

A tocha mecânica é constituída por um cremalheira por onde um motor de passo realiza a movimentação. Na parte que entra em contato com a chapa, estão os consumíveis: Capa de retenção, anel difusor de ar, bocal de tocha mecanizada, bico de corte e eletrodo.

Figura 15 - Consumíveis Corte Plasma



Fonte: Autor

Quadro 1 – Comparativo do custo dos consumíveis (bico e eletrodo por metro cortado)

Tipo de sistema	Preço médio bico + eletrodo	Vida útil típica @ 100% de ciclo de trabalho	Velocidade de corte m/min	Custo por metro
Plasma de alta definição @ 130 A	R\$ 100,00	7 Horas	2,2	R\$ 0,11
Plasma a oxigênio @ 130 A	R\$ 80,00	5 horas	2,2	R\$ 0,12
Plasma a ar comprimido @100A	R\$ 50,00	2 horas	1,4	R\$ 0,30

Fonte: LIMA (2008)

Figura 16 - Fonte Plasma Hypertherm Powermax85A



Fonte: Autor

3.1.3. Central de dados e componentes eletrônicos

Nessa frente de serviço estão todos os componentes eletrônicos que encontramos na Router CNC, alguns deles são: Cabos, sensores, fins de curso, motores de passo, drivers dos motores de passo, botoeiras e pôr fim a central de dados que é o computador responsável pela operação da máquina, nele estão guardados todos os desenhos para corte, programações, e os programas utilizadas para a operação.

De todas as frentes apresentadas, está é a que receberá menos intervenções de forma direta da empresa, pois, como estamos falando de sistemas eletrônicos e programações, quando estas acabam apresentando alguma falha, é necessário a intervenção de um empresa terceira especializada para manutenção. Os técnicos de manutenção da empresa Passaúra limitar-se-ão à troca de componentes, previamente instruídos pela equipe de assistência técnica do equipamento.

Figura 17 - Computador de Comando



Fonte: Autor

Figura 18 - Componentes Eletrônicos



Fonte: Autor

3.1.4. Operação de corte

O processo começa pela criação do desenho para corte, geralmente são utilizados os *softwares*: *SolidWorks* e *AutoCAD*, a escolha de qual utilizar dependerá do responsável pelo desenho. Os desenhos geralmente são solicitados pelos responsáveis de montagem que recebem pedidos de corte, ou veem a necessidade de cortes durante a fabricação e montagem de estruturas e/ou equipamento. O desenho precisa ser feito em formato 2D, pois as mesas CNC cortam somente neste nível de dimensão, o terceiro eixo que seria a altura, é responsável somente pelo nivelamento da tocha.

Após pronto, o desenho deve ser salvo em formato DXF (*Drawing Exchange Format*), esta extensão possibilita a troca de informações entre diferentes softwares de CAD. Neste ponto, podemos analisar algo muito importante no desenvolvimento do desenho, que deve ser projetado com a unidade de medida correta, fazendo com que a máquina compreenda estas unidades e aplique-as de forma correta, caso este procedimento não seja respeitado, haverá erros dimensionais na hora do corte, gerando atrasos e custos.

Com o desenho devidamente salvo no formato e local correto, o operador abrirá este arquivo no software *SheetCan*, responsável por criar um arquivo que irá conter coordenadas que a máquina percorrerá e todas as ações que a tocha do plasma realizará, exemplo: Acendimento e desligamento da tocha, altura e entradas para corte, todas essas ações são programadas a partir de algoritmos no formato G. Depois de salvo, teremos um arquivo no formato “.tap”, similar a um GCODE.

Por fim na parte de programação, o arquivo no formato “.tap” é aberto no software *CNC Controler*, que é responsável por operar a máquina. A partir dele conseguimos movimentar os eixos da mesa, altura da tocha e a realização de cortes de forma manual, além do carregamento do arquivo/programação sobre o desenho criado no início do procedimento.

Antes do início do corte, alguns parâmetros devem ser seguidos e respeitados, como: Referenciamento da máquina, ponto de início para corte e, se possível, uma simulação do corte, para analisar por onde a máquina irá transitar e verificar se a chapa que será cortada irá comportar o corte. Após todos esses procedimentos, o operador deverá acompanhar o desenvolvimento do corte, utilizando todos os EPI's requeridos e respeitando as normas de segurança e após a realização do corte, efetuar a remoção da peça cortada.

3.1.5. Estado atual do controle de manutenção

Como já citado anteriormente, o equipamento em questão não possui planos ou controles de manutenção, os cuidados da máquina ficam a cargo do operador e acontecem de

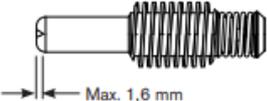
forma ocasional. A máquina também não possui um histórico de paradas e manutenções, logo o processo de levantamento de dados terá que ser feito a partir de relatos de colaboradores envolvidos com o equipamento.

3.1.6. Manutenção aplicada atualmente

Mesmo que a máquina não possua planos de manutenção, os operadores realizam alguns serviços de manutenção. De forma ocasional, a máquina e a fonte plasma são limpas com ar comprimido. Pelo menos uma ou duas vezes por mês a máquina é limpa por completo, com spray desengripante nos trilhos e estruturas, utilizando panos para remoção de sólidos e líquidos e a fonte plasma tem seu filtro de ar removido e limpo. Os tanques de água, conforme a necessidade, são esgotados e os sólidos decantados são removidos e descartados de forma correta.

Os consumíveis que são itens extremamente importantes para o funcionamento do equipamento, são verificados e trocados conforme o uso.

Figura 19 – Como Inspeccionar os Consumíveis

Peça	Inspeccionar	Providência
	<p>O arredondamento do orifício central.</p> <p>O espaço entre o bocal e o bico para ver se há acúmulo de detritos.</p>	<p>Troque o bocal se o orifício não mais estiver redondo.</p> <p>Remova o bocal e elimine quaisquer resíduos.</p>
	<p>O arredondamento do orifício central.</p> <p>Bom Desgastado</p>	<p>Substitua o bico se o orifício central não estiver redondo.</p>
	 <p>Max. 1,6 mm</p>	<p>Substitua o eletrodo se a superfície estiver desgastada ou se o comprimento do ponto de erosão for de mais de 1,6 mm.</p>
	<p>A superfície do interior do distribuidor de gás para ver se há avarias ou desgaste e os orifícios do gás para ver se existe algum bloqueio.</p>	<p>Substitua o distribuidor de gás se a superfície estiver avariada ou desgastada, ou se qualquer orifício do gás estiver bloqueado.</p>

Fonte: Manual do Operador Powermax65-85, rev 4 – Hypertherm (2018)

Quando algum dos componentes quebra ou falha, sua compra é repassada para o setor de compras que entra em contato com a assistência que, por sua vez, analisa a necessidade de

uma visita para realizar a manutenção, caso a visita não seja necessária, eles enviam os componentes necessários para intervenção, e auxiliam o responsável de manutenção da empresa a realizar o serviço.

3.1.7. Recomendações dos fabricantes

Para a Mesa CNC, as recomendações do fabricante são:

- Limpeza semanal com ar comprimido e spray desengripante nas guias, para limpeza e lubrificação;
- Pinhões e rolamentos possuem uma vida útil muito elevada, mas considerando que não recebam os devidos cuidados, essa vida é estipulada entre 2 ou 3 anos;
- Correias possuem vida útil de 100 mil horas.

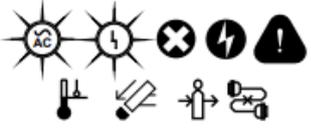
Já para a fonte plasma, podemos encontrar em seu manual na seção de “Manutenção e Reparos”, como realizar a manutenção de rotina e manutenções a longo prazo.

Figura 20 - Manutenção e Reparos para Fonte Plasma

Realização de manutenção de rotina

		PERIGO O CHOQUE ELÉTRICO PODE MATAR
	Desligue a alimentação elétrica antes de realizar qualquer manutenção. Qualquer trabalho que exija a remoção da tampa da fonte de alimentação deve ser realizado por um técnico qualificado.	

A cada uso:



Verifique as luzes indicadoras e os ícones de falha. Corrija qualquer condição de falha.



Inspecione os consumíveis para ver se estão adequadamente instalados e se há desgaste.

A cada 3 meses:



Substitua qualquer etiqueta avariada.



Inspecione o gatilho para ver se há desgaste. Inspecione o corpo da tocha para ver se há alguma rachadura ou fios expostos. Substitua qualquer peça avariada.

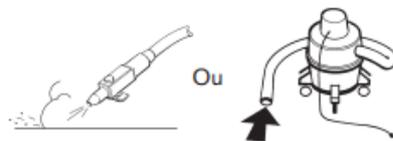


Inspecione o cabo de alimentação e o plugue. Substitua se estiver avariado.



Inspecione o cabo da tocha. Substitua se estiver avariado.

A cada 6 meses:



Limpe o interior da fonte de alimentação com ar comprimido ou a vácuo.

Fonte: Manual do Operador Powermax65-85, rev 4 – Hypertherm (2018)

3.1.8. Histórico de Falhas e Defeitos

Como nunca foi levantado ou arquivado histórico de falhas e defeitos, o levantamento será feito a partir de conversas com todas as pessoas que já tiveram envolvimento com o equipamento, assim podemos gerar um relatório de falhas que já aconteceram à máquina durante o último ano.

Foram entrevistados:

- Supervisor de almoxarifado, responsável pela compra de peças para o equipamento;
- Encarregado de montagem, cargo que acompanha diariamente os processos de corte e solicita corte frequentemente;
- Operador e eletricista, envolvidos diariamente com a manutenção da máquina.

Não podemos considerar estes relatos como dados, porém iremos considera-los como informações, que irão enriquecer o trabalho.

Abaixo segue descritivo dos relatos:

- Em agosto de 2018, a máquina teve um problema com um dos motores responsáveis pela movimentação do eixo Y, o eixo do motor de passo havia quebrado, o que fez com que a máquina não conseguisse se manter de forma alinhada durante o corte. Com a máquina desalinhada, algumas peças tiveram erros dimensionais, gerando gastos em relação ao projeto e como o movimento não era linear e fluído, os consumíveis se desgastavam com mais facilidade, gerando gastos a empresa. Sem contar que após a detecção do problema, ainda levou 3 dias para que o novo motor chegasse e fosse instalado.
- No começo deste ano (2019), houve um gasto considerável com a máquina devido à falta de água nos tanques durante um processo de corte. Uma peça estava sendo cortada em uma chapa de $\frac{3}{4}$ ", quanto mais espessa a chapa, mais metal fundido é gerado, esse metal fundido acabou caindo pelas laterais dos tanques, como o nível de água era baixo, o metal fundido não sofreu resfriamento, e acabou derretendo uma parte da lateral de dois tanques (são no total 3 tanques que ficam encostados um no outro), os tanques são feitos de alumínio, logo, o reparo precisou ser feito em outra cidade, gerando custos de manutenção e transporte. Além disto, a capacidade de corte da máquina ficou comprometida por volta de 3 semanas, prazo no qual os tanques ficaram em manutenção.
- Em Fevereiro deste ano (2019), um dos fins de cursos da máquina apresentou defeitos em relação ao funcionamento, fazendo com que a máquina não reconhecesse os limites da mesa e não conseguisse ser zerada para novos cortes. Por fim este defeito não gerou gastos em relação a matéria prima, porém a inatividade gerou contratempos em relação a produção.

- No mês de abril (2019), durante uma troca de consumíveis, a tocha aparentemente quebrou, foi verificado depois que a mesma havia quebrado, mas ainda conseguia operar, porém ela não se comportava de forma fixa, não conseguindo realizar os corte de forma linear, logo que o problema se tornou insustentável, operador e eletricista conseguiram realizar um “remendo” na tocha mecanizada. Mesmo sendo necessário a compra de uma tocha nova, o “remendo” garantiu a estabilidade no corte, possibilitando a continuidade do processo.
- Em Abril deste ano (2019) a máquina ficou parada por um dia inteiro devido a um cabo de aço que se soltou da correia de comando do eixo X. Quando a correia chegava a um certo ponto, o cabo fechava contado entre os terminais do fim de curso, fazendo com que o sistema entendesse que a mesma estava em um dos seus limites, logo a máquina parava de forma brusca. Por consequência, 1m² de chapa ½” de aço carbono se perdeu no processo e a máquina ficou parada por um grande intervalo de tempo.

Figura 21 - Cabo de Aço Fechando Contado



Fonte: Autor

3.2. CLASSIFICAÇÃO DAS PEÇAS DA MÁQUINA

A classificação e levantamentos das peças da máquina é muito importante para sabermos com o que estamos trabalhando e quais peças são as mais importantes e que deverão receber um maior cuidado, principalmente quando olhamos os preços e quantidades.

Quadro 2 - Elementos e Equipamentos da Mesa

Item	Descrição	Localização/Referência	Metragem	Quant PÇ	Valor Unitário
Fonte Hypertherm Powermax85	Fonte de Corte Plasma	Sem local fixo		1	R\$ 16.500,00
Tocha Mecanizada Hypertherm	Tocha para utilização em mesas CNC	Carrinho de movimentação eixo Y		1	R\$ 3.500,00
Sistema de Controle de Altura da Tocha (SH-HC30)	Controlar a altura do corte	Carrinho de movimentação eixo Y		1	R\$ 2.395,00
Motor de Passo 8N.m (ES-MH23480)	Reponsável pela movimentação no eixo Y	Lateral direita mesa		1	R\$ 1.000,00
Motor de Passo 4N.m (ES-M23440)	Reponsável pela movimentação no eixo X	Carrinho de movimentação eixo Y		1	R\$ 750,00
Conjunto de Consumíveis	Consumíveis utilizados para corte	Tocha mecanizada		1	R\$ 388,00
Cremalheiras Módulo 1 15x15 em aço	Auxiliam na movimentação no eixo X	Carrinho de movimentação eixo X	1,93		R\$ 164,00
Cremalheiras Módulo 1 15x15 em aço	Auxiliam na movimentação no eixo Y	Lateral direita mesa	2,9		R\$ 164,00
Cremalheiras Módulo 1 15x15 em aço	Auxiliam na movimentação no eixo Y	Lateral esquerda mesa	2,9		R\$ 164,00
Correia dentada	Transmissão de movimento dos motores de passo	Diversos locais	1,5		R\$ 70,00
Pinhão engrenagem M1, z=20	Transmissão de movimento dos motores de passo	Motor eixo X		1	R\$ 52,78
Pinhão engrenagem M1, z=20	Transmissão de movimento dos motores de passo	Motor eixo Y		1	R\$ 52,78
Fim de Curso (FM1308 metaltex)	Limitadores do curso da máquina	Diversos locais		4	R\$ 25,00
Rolamento 1" externo com rasgo concavo	Possuem um rasgo concavo que garante mais estabilidade nos trilhos sextavados	Carrinho de movimentação eixo X		4	R\$ 10,00
Rolamento 1" externo	Auxiliam na movimentação no eixo X	Carrinho de movimentação eixo X		1	R\$ 10,00
Rolamento 1" externo com rasgo concavo	Possuem um rasgo concavo que garante mais estabilidade nos trilhos sextavados	Lateral direita mesa		4	R\$ 10,00
Rolamento 15mm	Auxiliam na movimentação no eixo Y	Lateral esquerda mesa		2	R\$ 10,00

Fonte: Autor

3.3. CRIAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

De acordo com XENOS (1998), quando nos deparamos com equipamentos novos e/ou desconhecidos, o ponto de partida são informações obtidas com o fabricante, como especificações técnicas e manuais de manutenção. A elaboração de planos de manutenção para equipamentos que já estejam em operação, não dependem da existência de padrões pré-estabelecidos, isso significa que mesmo que os padrões não tenham sido formalmente preparados, sempre será possível a criação dos mesmos a partir de vivências e experiências

práticas dos mantenedores. Após a elaboração deste plano, ele se tornara o “*Plan*”, do ciclo PDCA.

3.3.1. Plan – Plano

De forma empírica, seguiremos a seguinte lógica. Criaremos um plano de manutenção de acordo com ciclos de manutenção. Para sabermos o tamanho deste ciclo, precisamos saber qual o procedimento com o maior intervalo de tempo, e dentro deste intervalo iremos encaixar os outros procedimentos de manutenção, seguindo de forma decrescente o tempo.

Seguiremos recomendações dos fabricantes e os procedimentos adotados pelos operadores da máquina.

Quadro 3 - Procedimentos de Manutenção¹

Procedimento	Descrição do Serviço	Execução	Tipo de Manutenção	Frequência	Código de Procedimento
Verificação de luzes indicadoras	Verificar se a fonte plasma apresenta alguma luz ou ícone de indicação de falha	Após a verificação das luzes, consultar o manual da fonte para identificação da falha, junto do manual estará o procedimento mais adequado para correção	Preventiva	A cada uso	PRM-CNC-01
Limpeza dos Componentes da Tocha e Avaliação de Consumíveis	Avaliar condição dos consumíveis e realizar a limpeza dos bicos afim de garantir a qualidade dos corte e o aumento da vida útil dos consumíveis	Com a fonte desligada, efetuar a desmontagem do bico seguindo o manual da máquina, e após ter os componentes em mãos, utilizar escova de aço para remoção de escoria tanto do bico quanto do bocal defletor, após ambos limpos, utilizar spray anti-respingo, que irá auxiliar no aumento da vida útil dos componentes, o spray faz com que seja mais difícil a escoria do corte se fixar nos componentes	Preventiva	A cada uso	PRM-CNC-02
Troca dos Consumíveis	Constada a deterioração dos consumíveis, realizar a troca dos mesmos	Com a fonte desligada, efetuar a desmontagem do bico seguindo o manual da máquina, remover consumíveis velhos e substituir por novos. Remontar tocha e ligar fonte.	Corretiva	-	PRM-CNC-03
Cuidados com o nível de água do tanques	Verificar se o nível da água é suficiente para a operação de corte, assim garantindo a integridade dos tanques de água e grelhas, evitando o deterioramento precoce	A água deve tomar aproximadamente 75% do volume do tanque, o que seria um pouco mais do que o meio dos tanques. Caso o mesmo não esteja de acordo, deve ser completado. Próximo ao equipamento, sempre haverá uma mangueira de água para este procedimento, caso não haja, solicitar ao almoxarifado.	Preventiva	2 vezes ao dia	PRM-CNC-04

Fonte: Autor

Para auxiliar na identificação dos procedimentos, foi criada uma lista de códigos que representam os procedimentos e relacionam seus intervalos de execução.

¹ Quadro de procedimentos completo encontra-se no APÊNDICE A.

Quadro 4 - Quadro de Códigos por Procedimento

Código	Procedimento	Frequência
PRM-CNC-01	Cuidados com o nível de água do tanques	A cada uso
PRM-CNC-02	Limpeza dos Componentes da Tocha e Avaliação de Consumíveis	A cada uso
PRM-CNC-03	Troca dos Consumíveis	A cada uso
PRM-CNC-04	Verificação de luzes indicadoras	2 vezes ao dia
PRM-CNC-05	Limpeza superficial dos equipamentos e componentes	Semanal
PRM-CNC-06	Limpeza dos tanques de água e grelhas	Mensal
PRM-CNC-07	Verificação da integridade das etiquetas e adesivos indicativos	3 Meses
PRM-CNC-08	Inspeção da Tocha e Cabos da Fonte	3 Meses
PRM-CNC-09	Inspeção e limpeza dos rolamentos, pinhões e componentes internos	3 Meses
PRM-CNC-10	Limpeza do Interior da Fonte Plasma	6 Meses
PRM-CNC-11	Troca dos Rolamentos e Pinhões	2 Anos
PRM-CNC-12	Troca das Correias	2 Anos

Fonte: Autor

E agora para auxiliar na execução das tarefas nos períodos corretos, será utilizado um calendário que comporta todos os procedimentos e dias para execução. Os procedimentos corriqueiros, que acontecem sem uma frequência fixa ou com um intervalo pequeno entre intervenções, não irão aparecer neste calendário. Esse calendário é uma representação do ciclo de manutenção discutido no começo deste capítulo.

Figura 22 - Calendário de Manutenções² - Ano 1

ANO 1											
JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO
01/jan	PRM-CNC-12	05/fev	PRM-CNC-06	05/mar	PRM-CNC-06	02/abr	PRM-CNC-09	07/mai	PRM-CNC-06	04/jun	PRM-CNC-06
01/jan	PRM-CNC-11	05/fev	PRM-CNC-05	05/mar	PRM-CNC-05	02/abr	PRM-CNC-08	07/mai	PRM-CNC-05	04/jun	PRM-CNC-05
01/jan	PRM-CNC-10	12/fev	PRM-CNC-05	12/mar	PRM-CNC-05	02/abr	PRM-CNC-07	14/mai	PRM-CNC-05	11/jun	PRM-CNC-05
01/jan	PRM-CNC-09	19/fev	PRM-CNC-05	19/mar	PRM-CNC-05	02/abr	PRM-CNC-06	21/mai	PRM-CNC-05	18/jun	PRM-CNC-05
01/jan	PRM-CNC-08	26/fev	PRM-CNC-05	26/mar	PRM-CNC-05	02/abr	PRM-CNC-05	28/mai	PRM-CNC-05	25/jun	PRM-CNC-05
01/jan	PRM-CNC-07					09/abr	PRM-CNC-05				
01/jan	PRM-CNC-06					16/abr	PRM-CNC-05				
01/jan	PRM-CNC-05					23/abr	PRM-CNC-05				
08/jan	PRM-CNC-05					30/abr	PRM-CNC-05				
15/jan	PRM-CNC-05										
22/jan	PRM-CNC-05										
29/jan	PRM-CNC-05										
JULHO											
JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO	DIA	PROCEDIMENTO
02/jul	PRM-CNC-10	06/ago	PRM-CNC-06	03/set	PRM-CNC-06	01/out	PRM-CNC-09	05/nov	PRM-CNC-06	03/dez	PRM-CNC-06
02/jul	PRM-CNC-09	06/ago	PRM-CNC-05	03/set	PRM-CNC-05	01/out	PRM-CNC-08	05/nov	PRM-CNC-05	03/dez	PRM-CNC-05
02/jul	PRM-CNC-08	13/ago	PRM-CNC-05	10/set	PRM-CNC-05	01/out	PRM-CNC-07	12/nov	PRM-CNC-05	10/dez	PRM-CNC-05
02/jul	PRM-CNC-07	20/ago	PRM-CNC-05	17/set	PRM-CNC-05	01/out	PRM-CNC-06	19/nov	PRM-CNC-05	17/dez	PRM-CNC-05
02/jul	PRM-CNC-06	27/ago	PRM-CNC-05	24/set	PRM-CNC-05	01/out	PRM-CNC-05	26/nov	PRM-CNC-05	24/dez	PRM-CNC-05
02/jul	PRM-CNC-05					08/out	PRM-CNC-05				
09/jul	PRM-CNC-05					15/out	PRM-CNC-05				
16/jul	PRM-CNC-05					22/out	PRM-CNC-05				
23/jul	PRM-CNC-05					29/out	PRM-CNC-05				
30/jul	PRM-CNC-05										

Fonte: Autor

² Calendário completo com legenda encontra-se no APÊNDICE B.

O calendário irá compreender um ciclo completo de manutenção, com no mínimo uma repetição de procedimento, logo, o calendário terá um ciclo de 2 anos, que é o tempo de troca dos rolamentos, pinhões e correias. Após o segundo ano, os procedimentos e datas apenas se repetem.

Com a utilização do calendário de manutenção, fica fácil a identificação dos serviços que devem ser executados. Também podemos utilizar o calendário para programar a compra de peças sobressalentes, sempre quando a data de uma intervenção se aproxima, o setor de compras é informado e quando um procedimento de verificação ou inspeção, detecta algo de anormal, o setor de compras também é informado.

3.3.2. Do – Execução dos Procedimentos

O passo “Do”, é o passo que englobará a parte de execução do plano. Utilizamos aqui o calendário de manutenção, que contém o ciclo de procedimentos de manutenção. Como já citado, o calendário possui somente os procedimentos com ciclos maiores de manutenção, e não os procedimento diários, esses circulados em vermelho no quadro 5. Mesmo estes não constados no calendário, não podem ser esquecidos ou negligenciados, porém, são de certa forma, modulares conforme o uso e tempo.

Quadro 5 - Procedimentos Diários x Procedimentos Semanais e Mensais

Código	Procedimento	Frequência
PRM-CNC-01	Cuidados com o nível de água do tanques	A cada uso
PRM-CNC-02	Limpeza dos Componentes da Tocha e Avaliação de Consumíveis	A cada uso
PRM-CNC-03	Troca dos Consumíveis	A cada uso
PRM-CNC-04	Verificação de luzes indicadoras	2 vezes ao dia
PRM-CNC-05	Limpeza superficial dos equipamentos e componentes	Semanal
PRM-CNC-06	Limpeza dos tanques de água e grelhas	Mensal
PRM-CNC-07	Verificação da integridade das etiquetas e adesivos indicativos	3 Meses
PRM-CNC-08	Inspeção da Tocha e Cabos da Fonte	3 Meses
PRM-CNC-09	Inspeção e limpeza dos rolamentos, pinhões e componentes internos	3 Meses
PRM-CNC-10	Limpeza do Interior da Fonte Plasma	6 Meses
PRM-CNC-11	Troca dos Rolamentos e Pinhões	2 Anos
PRM-CNC-12	Troca das Correias	2 Anos

Fonte: Autor

Também utilizamos nesta etapa, nossa tabela de procedimentos e descrição do serviço, ela ajudará o responsável a identificar possíveis defeitos e como trata-los, podemos concluir, que este passo é a representação física de todo nosso plano.

3.3.3. Check – Checagem da Execução do Serviço

O ciclo “*Check*” é a checagem do serviço executado, toda falha é produto de outra falha principal, o objetivo do “*Check*” é analisar e verificar qual foi esta falha.

Nesta parte também deve ser utilizado o sistema de controle (este sistema será explicado mais afundo no capítulo 7.4. SISTEMA PARA CONTROLE DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO), o responsável pelo equipamento terá que alimentar este sistema afim de gerar dados relevantes para manutenção, mas que também poderão auxiliar o setor de produção.

A verificação ajuda na atualização do plano de manutenção, conforme o resultado da execução, manutenções e procedimentos podem ser antecipados ou adiados conforme a necessidade.

Exemplo, na execução do procedimento PRM-CNC-11, “Troca de Rolamentos e Pinhões”, foi constatado que os rolamentos poderiam rodar por pelo menos mais 6 meses, logo a troca foi adiada, ou, durante o procedimento PRM-CNC-07 “Inspeção e limpeza dos rolamentos, pinhões e componentes internos”, constatou-se que a troca das correias deveria ser antecipada, logo o setor de compras foi avisado sobre esta necessidade, a compra foi efetuada e a correia trocada, isto fez com que algum problema derivado da correia fosse evitado.

3.3.4. Action – Ações tomadas sobre informações do ciclo “*Check*”

O ciclo “*Action*”, se refere as ações tomadas após a checagem. O ciclo da checagem fornece resultados e informações sobre a intervenção que acabou de acontecer. Essas informações devem ser tratadas para que o defeito não volte a acontecer, ou sobre alguma atualização no calendário de manutenção. Além de auxiliar no contínuo melhoramento do plano, processo e equipamento.

Utilizando os exemplos anteriores, podemos verificar que todos tiveram uma atualização em relação a reposição de materiais e novas datas para intervenções, logo, as mesmas devem ser modificadas, as datas devem ser atualizadas, e deve ser passado ao setor de compras sobre a reposição de materiais, se alguma dessas ações for negligenciada, efeitos indesejáveis acontecerão.

Esta etapa do ciclo tem uma importância gigantesca, pois é com ele que a continuidade do plano é garantida, o planejamento ou *Plan*, é melhorado com as informações obtidas pelo *Check*. Após o replanejamento, já nos encontramos girando o ciclo PDCA.

3.4. SISTEMA PARA CONTROLE DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO

Este sistema foi desenvolvido no software Microsoft Excel, programa utilizado para criação de planilhas e gráficos, dentre outras funções. Calcula de forma automática os indicadores de qualidade de manutenção e também auxilia no controle de manutenção e produção da máquina CNC.

O equipamento possui um sistema computacional embutido a estrutura, isso acaba facilitando o trabalho junto ao sistema.

Ele funciona com um operador alimentando as planilhas diariamente, atualizando sempre que um processo de corte é concluído ou quando uma manutenção ou intervenção acontece. O sistema baseia-se em “SEMANAS”, onde cada período de tempo (7 dias) ganha uma semana de referência, exemplo: SEMANA 1, SEMANA 2, SEMANA 3 e assim por diante. Conforme o número de semanas acaba, deve ser realizado o fechamento do relatório e a criação de um novo.

Com o auxílio deste sistema de planilhas, os indicadores e gráficos são gerados automaticamente.

Este sistema é dividido por abas, onde cada uma contém uma planilha para alimentação de dados ou para geração de dados, que serão explicadas mais à frente. O sistema de abas possibilita ao operador trabalhar em diversos planos em um único sistema.

Figura 23 - Sistema de Abas Excel



Fonte: Autor

3.4.1. Monitoramento de Manutenção

Nesta planilha³ encontra-se uma planilha para alimentação de dados, referentes as manutenções e intervenções que o equipamento sofreu.

Possui as seguintes colunas:

- SEMANA, para inserção da semana referente em que o procedimento aconteceu.
- PROCEDIMENTO, onde é listado o procedimento que o equipamento sofreu, para auxiliar o operador, nas células desta coluna existe um menu onde o procedimento pode ser facilmente encontrado.

³ Modelo completo encontra-se no APÊNDICE C.

- **CÓDIGO**, código referente ao procedimento, é preenchido de forma automática após o procedimento ser listado.
- **OBSERVAÇÃO**, campo para preenchimento de algo que seja relevante ao procedimento que aconteceu, um exemplo muito importante é quando um procedimento obteve algum resultado não conforme, rolamentos trocados antes do tempo ou que a troca dos mesmo foi adiada.
- **TEMPO DE MANUTENÇÃO** [hh:mm:ss], tempo que foi necessário para a manutenção do equipamento, é preenchido de forma automática por um valor pré-determinado, mas no caso do mesmo não condizer com a realidade, o tempo real deve ser colocado manualmente.
- **CUSTOS COM MANT** [R\$], campo para preenchimento do custo referente a manutenção que aconteceu, da mesma forma que o “Tempo de Manutenção”, esse dado é preenchido de forma automática, mas pode ser trocado caso haja alguma divergência.
- **DATA EXECUÇÃO** [dd/mm/aaaa], data em que a intervenção aconteceu.

3.4.2. Resumo Monitoramento de Manutenção

Aba que contém a tabela responsável por criar um resumo do que aconteceu em cada semana, tem como função a geração de dados, diferente das tabelas de alimentação. Seu preenchimento acontece de forma automática, ela coleta todos os dados contidos na tabela “Monitoramento de Manutenção” e cria um resumo de tudo o que aconteceu.

Possuí as seguintes colunas:

- **SEMANA**, para referência de semana.
- **PROCEDIMENTO**, nesta coluna estão contidos todos os procedimentos listados na lista de procedimentos e mais um extra, o “OUTROS”, utilizado para procedimento que não estão listados.
- **QUANT**, referente a quantidade de vezes que algum procedimento aconteceu.
- **TEMPO** [hh:mm:ss], tempo total de cada tipo de procedimento durante a semana.
- **CUSTO** [R\$], custo total de cada tipo de procedimento durante a semana.

Figura 24 - Aba Resumo Semanal

SEMANA	PROCEDIMENTO	QUANT	TEMPO TOTAL [hh:mm:ss]	CUSTO TOTAL [R\$]
SEMANA 1	Cuidados com o nível de água do tanques	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Limpeza dos Componentes da Tocha e Avaliação de Consumíveis	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Troca dos Consumíveis	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Verificação de luzes Indicadoras	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Limpeza superficial dos equipamentos e componentes	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Limpeza dos tanques de água e grelhas	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Inspeção e limpeza dos rolamentos, pinhões e componentes internos	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Limpeza do Interior da Fonte Plasma	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Verificação da integridade das etiquetas e adesivos indicativos	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Inspeção da Tocha e Cabos da Fonte	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Troca dos Rolamentos e Pinhões	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	Troca das Correas	0	0:00:00	R\$ -
SEMANA 1	OUTROS	0	0:00:00	R\$ -

Fonte: Autor

3.4.3. Monitoramento de Corte

Responsável pelo recolhimento de dados referentes aos cortes executados pelo equipamento, essa planilha ⁴do tipo de alimentação, assemelhando-se a planilha de “Monitoramento de Manutenção”. O arquivo completo encontra-se no apêndice B.

Diferente das outras planilhas, está tem um foco voltado para produção, podemos verificar que nesta tabela possuímos colunas para levantamentos referentes a custos e cortes.

Ela possui as seguintes colunas:

- SEMANA, para referência de semana.
- DATA [dd/mm/aaaa], para armazenamento do dia que o processo de corte aconteceu.
- TEMPO DE CORTE [hh:mm:ss], tempo utilizado para o corte.
- VELOC CORTE [mm/min], velocidade de corte utilizado no processo.
- LARGURA APROX [mm] e COMPRI APROX [mm], dimensões aproximadas da peça cortada.
- QUANT PÇ, quantidade de peças cortadas no processo.
- QUANT PÇ, quantidade de peças referente a retrabalhos no processo.
- PERÍMETRO APROX e PERÍMETRO TOTAL [m], gerados de forma automática, produtos das colunas LARGURA APROX, COMPRI APROX e QUANT PÇ. Os dados criados por estas colunas auxiliam no levantamento da metragem linear cortada pela máquina.
- PERÍMETRO RETRA [m], perímetro total das peças de retrabalho.
- ESP CHAPA [mm], espessura da chapa cortada.
- RECEITA [R\$], receita bruta adquirida com o processo, é calculada de forma automática, sendo um produto do PERÍMETRO TOTAL e um valor de venda por metro linear cortado.

3.4.4. Indicadores e Gráficos

Esta planilha ⁵contém todos os indicadores relevantes ao setor de manutenção e também alguns outros indicadores e informativos relevantes ao setor de produção e qualidade.

Foram utilizados todos os indicadores citados no capítulo 6.5 INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO, porém foram adicionados mais dois, que são: Taxa de retrabalho (TRT) e Comparativo de Receita x Custo (CRC).

⁴ Modelo completo encontra-se no APÊNDICE D.

⁵ Modelo completo encontra-se no APÊNDICE E.

Toda a planilha é calculada de forma automática, utilizando dados das outras planilhas. Para controle de dados utiliza o sistema de “SEMANAS”, no qual todas as outras planilhas de alimentação são baseadas.

Para auxiliar na interpretação e acompanhamento dos resultados, os gráficos foram coloridos de maneira igual aos indicadores, que estão localizados logo abaixo dos dados calculados. As cores distintas conseguem diferenciar as linhas de cada um dos indicadores e otimizar o espaço disponível.

Este sistema de planilhas encontra-se na rede de computadores da empresa, podendo ser acessada pelo operador e pelos supervisores. Os dados são atualizados diariamente, proporcionando um acompanhamento contínuo do equipamento, sempre que algum indicador demonstrar dados preocupantes, o problema poderá ser tratado com maior agilidade.

3.5. IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO E PROCEDIMENTOS

A parte de implementação do plano e dos procedimentos é de crucial importância para que o plano crie raízes e consiga firmar-se nos procedimentos diários da empresa.

Devemos compreender que o principal responsável pela manutenção da máquina será o próprio operador, este deve compreender todos os parâmetros da máquina e as peculiaridades da mesma, logo, deverá receber treinamento em todas as áreas pertinentes. Assim poderá manter a máquina no melhor estado possível.

A primeira parte é a integração de operador, técnico de manutenção e supervisores ao plano de manutenção e o ciclo PDCA ao qual pertence, explicar cada passo do PDCA e de como é importante que esse ciclo não pare de girar. Após o entendimento de todas as partes, ficará fácil notar a real necessidade e importância que o plano tem junto ao processo de manutenção e produtivo.

A segunda parte da implementação começa pela compreensão e estudo de todos os procedimentos de manutenção, que é onde entram as tabelas 3, 4 e 5. Nelas estão contidas todas as referências para que o operador consiga intervir e consertar a máquina em manutenções programadas e não programadas.

A terceira parte consiste na integração do operador e supervisores ao sistema de planilhas para controle de manutenção. Primeiro o operador deve aprender a sempre alimentar as planilhas de monitoramento de manutenção e corte, o restante das planilhas serão geradas de forma automática. Os envolvidos devem compreender o que cada indicador significa, tirando o máximo de proveito do sistema.

A quarta e última parte é a cobrança dos supervisores sobre o operador e responsáveis de manutenção, sempre que notarem alguma divergência tanto na máquina quanto nos indicadores. Para facilitar o acompanhamento, dentro da mesma pasta estão o sistema de planilhas de controle, lista de procedimentos e o calendário de manutenção, logo, todos os envolvidos podem verificar quando alguma intervenção irá acontecer no equipamento.

É importante notar que a implementação segue alguns métodos da TPM (Manutenção Produtiva Total), como: Manutenção de primeiro nível realizada pelo operador, garantindo uma manutenção ocasional, preventiva e preditiva contínua no equipamento. E a unificação hierárquica da equipe de manutenção, onde todos os envolvidos sabem sobre a necessidade e importância da manutenção e trabalham unidos para que o equipamento funcione de forma contínua e sem defeitos ou falhas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como o tempo de implantação foi pequeno, os dados continuarão a ser levantados, mas já foram obtidos resultados positivos, e acreditamos na melhora contínua do processo.

4.1. PLANO DE MANUTENÇÃO

A utilização do plano de manutenção guia o funcionário, fazendo com que as manutenções aconteçam seguindo um cronograma estipulado, isso melhorou a organização e planejamento por parte do funcionário, que agora pode programar-se em relação aos procedimentos de manutenção e aos processos de corte. O plano também possibilita a compra antecipada de itens que serão trocados ao atingirem o limite de sua vida útil. Como agora os procedimentos possuem datas a serem executados, o setor de compras pode ser informado sobre a proximidade de uma eventual troca e agilizar a compra, fazendo com que o equipamento não fique parado à espera da peça.

4.2. PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS

Todos os procedimentos de manutenção necessários para o correto funcionamento da máquina e procedimentos criados a partir do conhecimento empírico dos operadores e envolvidos, agora encontra-se tabelados e com fácil acesso, isso ajuda o operador a efetuar os serviços de manutenção com mais facilidade.

4.3. CONTROLE DE MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO

Este resultado positivo é visível pelo fato de que anteriormente não existiam controles nesta área. A manutenção acontecia de forma ocasional e corretiva na maioria dos casos. O novo controle proporciona um levantamento da quantidade de intervenções que o equipamento sofre e qual o custo sobre o faturamento da empresa. O controle de produção agora proporciona dados que auxiliam na verificação da qualidade dos cortes e quantidade de retrabalhos. Estes dados podem ser utilizados na elaboração de orçamentos referentes a cortes na mesa CNC.

4.4. RECEITA SOBRE CORTES

Não existia um levantamento sobre a receita que o equipamento produzia, sempre que haviam processos de corte somente o HH (Homem Hora) do operador era levado em conta. A própria Irmãos Passaúra contratava e pagava serviços de corte plasma para outras empresas. Por que agora que ela tem um equipamento destes, não poderia cobrar por este serviço? Utilizando valores de outras empresas como base, chegou-se a um valor de cobrança por metro linear cortado, que agora tornou-se mais um meio de geração de receita a empresa.

4.5. COMPARATIVO PERÍODO SEM PLANO E PERÍODO COM PLANO

Para a realização desta comparação, foram apurados tempos iguais de operação. O período sem plano ocorreu durante um serviço que durou três dias e aconteceu durante o mês de março/2019, como ainda não haviam planos de manutenção e controle na época, foram levantadas informações com o operador, almoxarifado e pessoal de projeto. O operador informou que durante o processo de corte, em relação a manutenção do equipamento, foi necessário realizar um ajuste e por fim reaperto da tocha, levou aproximadamente uma hora para a manutenção, também informou que a velocidade de corte utilizado foi de 800 mm/min. O almoxarifado informou que durante o período citado, foram retirados cinco bicos, dois eletrodos e um bico de proteção. O pessoal de projetos repassou a quantidade de itens cortados e suas dimensões. Com estes dados, foi possível realizar os cálculos para comparação. Em média, para cada bico trocado, estimou-se que são feitas duas limpezas, gerando as quinze intervenções, e cada intervenção dura em média cinco minutos.

Quadro 6 - Comparativo Entre Períodos Sem e Com Plano

Descrição	Código	Sem Plano	Com Plano
Número de Intervenções no Equipamento	NC	15,00	10,00
Horas Disponíveis do Equipamento	HD	27:00:00	27:00:00
Tempo de Indisponibilidade do Equipamento	HIM	1:15:00	0:50:00
Número de Falhas	NF	1,00	-
Tempo total de operação	HO	7:00:00	6:20:00
Tempo de Paralisação para Manutenção	HM	2:15:00	0:50:00
Número de Peças Cortadas	NPC	48	43
Número de Retrabalhos	NRT	3	2
Faturamento da Companhia	FTC	R\$ -	R\$ 1.161,60
Gastos com Manutenção	CGM	R\$ 424,39	R\$ 286,00

Indicadores	Código	Sem Plano	Com Plano
Tempo Médio Entre Intervenções (Troca Consu)	MTBF	1:48:00	2:42:00
Tempo Médio para Reparo	MTTR	0:05:00	0:05:00
Tempo Médio para Falha	TMPF	27:00:00	0:00:00
Disponibilidade do Maquinário	DF	75,68%	88,37%
Confiabilidade do Maquinário (t = 7 dias)	R	77,19%	100,00%
Custo de Manutenção por Faturamento	CMF	0%	25%
Taxa de Retrabalho	TRT	6%	5%
Comparativo Receita x Custo	CRC	-R\$ 424,39	R\$ 875,60

Fonte: Autor

Podemos verificar na coluna do período Com Plano (CP), indicadores mais positivos em relação a coluna do Sem Plano (SP).

- MTBF [hh:mm:ss], CP com um tempo médio maior, devido a um número menor de intervenções comparado com SP.
- MTTR [hh:mm:ss], Tempo igual para os dois, pois é adotado um valor médio para os procedimentos de intervenção.
- TMPF [hh:mm:ss], Valores praticamente iguais, CP não teve falhas e SP contou com uma falha.
- DF [%], CP com um valor maior de disponibilidade em relação ao SP, graças ao número menor de intervenções e falhas.
- R [%], Maior confiabilidade garantida a partir de CP. Isso deve-se a CP não ter falhas funcionais, diferente de SP que teve uma falha, e assim gerando uma confiabilidade para os próximos sete dias de 77,19%.
- CMF [%], Este indicador não foi calculado, devido a SP não ter um faturamento em relação ao CNC, sendo esse, um problema descoberto durante a elaboração deste trabalho. Para CP, 25% do faturamento foi destinado a gastos com o equipamento.
- TRT [%], retrabalho praticamente igual nos dois períodos.

- CRC, mesmo caso do CMF, como não foi calculado a receita, não podemos criar um comparativo.

Podemos concluir que o novo plano de manutenção garantiu vários resultados quando comparado ao período sem plano. Outro dado importante é em relação a quantidade de consumíveis utilizados.

Quadro 7 - Comparação dos Períodos

	SP	CP
Quantidade de Consumíveis	8	3
Limpeza	10	7
Taxa de Limpeza por Consumível	1,25	2,33
Quantidade Peças Cortadas	51	45
Metragem Linear Cortada [m]	43,2	38,72
Metragem Linear por Peça [m]	1,2	0,9
Espessura Chapas [mm]	9,5	12,7 - 9,5
Velc. Média de Corte [mm/min]	800	750

Fonte: Autor

Ao analisarmos os períodos, podemos ver que aproximadamente para cada consumível de SP foi feita uma limpeza. Já em CP para cada consumível foram feitas duas limpezas.

Também podemos analisar o custo por metro cortado nos períodos, para isso utilizamos três fatores comparativos. Os custos internos (Irmãos Passaúra) do período com planos e sem plano. Estes foram calculados a partir dos valores de: Depreciação, energia, operador, retorno de investimento, gastos com manutenção e custos administrativos. E o terceiro fator é o custo “Terceiro”, que foi levantando a partir de um orçamento feito por uma das empresas que mais presta serviços a Irmãos Passaúra. Por motivos de sigilo, nenhum nome será divulgado.

Quadro 8 - Comparativo de Custos de Corte

Com Plano	Sem Plano	Terceiro
<i>R\$ 7,38</i>	<i>R\$ 9,82</i>	<i>R\$ 61,55</i>

Fonte: Autor

É visível a diferença de valores, principalmente o preço oferecido pela empresa terceira, logo vemos que a utilização de serviços terceiros encarece a mão de obra da empresa, gerando custos extras bem elevados.

Já na comparação entre os períodos com e sem plano, o custo de corte com plano é 33% mais barato que o custo do sem plano, ou seja, a curto prazo já será possível obter lucro sobre a utilização do plano de manutenção.

Podemos ver nos quadros a seguir os valores mensais e anuais, calculados a partir do último valor mensal de metros cortados no equipamento.

Quadro 9 - Custos CP x SP

CUSTOS (COM PLANO)		CUSTOS (SEM PLANO)	
MENSAL	ANUAL	MENSAL	ANUAL
<i>R\$ 3.247,20</i>	<i>R\$ 38.966,40</i>	<i>R\$ 4.320,80</i>	<i>R\$ 51.849,60</i>

Fonte: Autor

Chegando a uma redução:

Quadro 10 - Diferença de Custos

MENSAL	ANUAL
<i>R\$ 1.073,60</i>	<i>R\$ 12.883,20</i>

Fonte: Autor

4.6. ANÁLISE DOS OBJETIVOS PROPOSTOS

- Objetivo geral: A criação de métodos e planos, se dá pela criação do plano de manutenção, e se voltarmos na “Tabela 7 - Comparativo Entre Períodos Sem e Com Plano”, conseguiremos alguns resultados sobre os objetivos gerais. Analisando os

indicadores de confiabilidade [R] e disponibilidade [DF], podemos ver que os dois indicadores aumentaram no período de utilização com plano de manutenção. Ainda na tabela 7, podemos ver que outro objetivo foi alcançado, a redução do tempo de inatividade do equipamento.

Quadro 11 - Análise dos Objetivos Parte 1

Descrição	Código	Sem Plano	Com Plano
Tempo de Paralisação para Manutenção	HM	2:15:00	0:50:00

Indicadores	Código	Sem Plano	Com Plano
Disponibilidade do Maquinário	DF	75,68%	88,37%
Confiabilidade do Maquinário (t = 7 dias)	R	77,19%	100,00%

Fonte: Autor

Ainda dentro do objetivo geral, a redução de custos também foi alcançada, podemos ver pela “Tabela 10 – Custos CP x SP”, onde ouve uma diferença de custos nos dois períodos.

Quadro 12 - Análise dos Objetivos Parte 2

CUSTOS (COM PLANO)		CUSTOS (SEM PLANO)	
MENSAL	ANUAL	MENSAL	ANUAL
R\$ 3.247,20	R\$ 38.966,40	R\$ 4.320,80	R\$ 51.849,60

Fonte: Autor

Por fim, a compra de peças sobressalentes, ficará a cargo do calendário de manutenção. Sempre que uma manutenção que envolver a troca de algum item estiver se aproximando, a equipe de manutenção (operador, técnico de manutenção, supervisor) avisará o setor de compras sobre a necessidade.

Agora em objetivos específicos:

- Levantar dados sobre a máquina: Foi o início do plano de manutenção, onde valiosas informações foram obtidas, como procedimentos de manutenção que eram adotados pelo operador, manual que informou outros procedimentos de manutenção, itens, componentes e seus respectivos valores.
- Levantar e verificar histórico de quebras e falhas: Este passo foi difícil pelo fato de que não haviam controles passados, logo, todo o levantamento foi feito a partir de relatos passados por pessoas envolvidas com o equipamento, de certa forma, enriqueceu o trabalho com mais detalhes.
- Analisar modos de operação e cenário atual: Nesta etapa, também foi possível levantar muitas informações, essas foram utilizados para a criação e padronização dos procedimentos de manutenção.
- Criação e implantação do plano e controle de manutenção: Objetivo atingido com êxito, o plano em si gerou o sistema de controle de planilhas, que contem dados relevantes a manutenção, auxiliando a equipe de manutenção com os procedimento e na geração de indicadores que demonstram a efetividade do plano. E a implantação também gerou mais trabalho em equipe por parte dos colaboradores, agora que todos estão instruídos sobre a importância da manutenção, a equipe trabalha junto para que a máquina continue operando sem defeitos.
- Adequação do plano de manutenção ao ciclo PDCA: O plano desde o início foi desenvolvido dentro do ciclo PDCA, que foi escolhido devido a sua alta capacidade de renovação. Os ciclos *Action* e *Check*, garantem que o plano sempre esteja atualizado, e que melhore conforme o tempo passa.

5. CONCLUSÃO

A otimização dos procedimentos e controles de manutenção garantem lucro em um setor que muitas vezes só é lembrado por gastos. O setor de manutenção, necessita de tantos cuidados quanto os setores de compras, qualidade e produção. Como vimos neste trabalho, é possível obter lucro em cima de procedimentos defasados ou equipamentos sem os devidos cuidado.

Com muito esforço, todos os objetivos foram alcançados, e por fim o plano obteve um resultado muito positivo em relação ao período sem plano ou controle.

A empresa Irmãos Passaúra conta agora com um sistema de controle para serviços de manutenção sobre sua Mesa Corte Plasma CNC, que também pode ser utilizado para gerar indicadores de produção. Este sistema oferece comodidade no tratamento de informações, e como grande parte dos dados são calculados de forma automática, o operador necessita de um curto período de tempo para alimentação de informações.

A utilização do ciclo PDCA irá garantir que o plano de manutenção continue se atualizando a cada procedimento executado, e assim dificilmente será esquecido por parte dos envolvidos. A filosofia TPM (Manutenção Produtiva Total) utilizada durante a integração dos envolvidos ao sistema, otimiza a manutenção sobre o equipamento e aumenta o trabalho em equipe no setor, já que agora todos compreendem a importância do cuidado com o maquinário, e podem acompanhar diariamente como este cuidado está acontecendo, a partir da visualização dos indicadores gerados pelo sistema.

Graças ao estudo proposto sobre a mesa, foi possível verificar que serviços que utilizavam o equipamento não geravam uma receita sobre o serviço, ou seja, o equipamento que custou caro a empresa, era considerado como um equipamento qualquer e não possuía uma receita exclusiva, porém, diferente de outros equipamentos, a mesa de corte funciona como um marketing de serviços. Muitos projetos podem ser feitos exclusivamente nela, inibindo a necessidade da terceirização de serviços de corte.

A utilização de planos de ação e controle dados garante a qualidade dos serviços prestados e a confiabilidade dos dados gerados, agilizando relatórios e resumos de manutenção e produção.

5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Criação ou aquisição de um software especializado para função: A utilização de planilhas auxilia muito bem esse início de projeto, porém o mais adequado seria a utilização de um software mais robusto e que tornaria o serviço de alimentação de dados e geração de relatórios mais ágil, além de possibilitar uma comunicação automática com outros setores, gerenciando de forma automática as compras para futuras trocas e também criando alertas para manutenção. Exemplo: ao chegar a data de um procedimento de manutenção, o sistema alerta o operador e já oferece todas as informações necessárias para o procedimento.
- Aplicação de sistemas similares em outros equipamentos da centro de fabricação. Exemplo: Pontes rolantes, furadeiras de bancada, painéis elétricos, talhas de elevação, entre outros. Assim criando um único sobre todos os ativos da empresa.
- Troca de fonte plasma para outra de maior potência. Como vimos na Tabela 1 - Comparativo do custo dos consumíveis (bico e eletrodo por metro cortado), fontes de alta definição garantem um corte com maior qualidade, velocidade e menor custo por metro cortado, além de uma autonomia muito maior em relação a fonte atual. Esse aumento de autonomia e menor custo por corte, impacta diretamente os indicadores de custos de manutenção.
- *Retrofit* dos tanques de água: Como citado anteriormente, três tanques de água são utilizados para auxiliar na redução de pó e fuligem gerados no processo de corte, também auxiliando no resfriando do metal fundido durante o corte. Porém, devido a potência do arco, ao passar pelos limites/paredes dos tanques, o arco sempre acaba cortando um pouco destas paredes, fazendo com que a capacidade armazenamento de água seja comprometida, já que cria rasgos nas paredes por onde a água escorre, e quanto menor for o nível de água, menor será a capacidade de resfriamento dos tanques, criando a possibilidade do metal fundido entrar em contato, ainda quente, com o fundo do tanque, assim criando buracos. Um problema referente a metal fundido entrando em contato com o tanque, foi visto, no capítulo 7.1.8. Histórico de Falhas e Defeitos, e gerou vários contratempos.

6. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Yuri Marinho; JUNIOR, Jander Pereira; SANTANTA, Lucas. **Desenvolvimento de uma Mesa Fresadora CNC para Placas de Circuito Impresso para Telecomunicações**. Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, v. 14, 2015.

ASSIS, Wânderson de Oliveira et al. **APLICAÇÕES DE MÁQUINAS-FERRAMENTA COM PROTOTIPAGEM RÁPIDA E “ENGENHARIA REVERSA”**. 2009. Revista Produtos e Serviços.

Disponível em: <<https://maua.br/files/artigos/artigo-maquinas-ferramenta-2.pdf>>.

Acesso em: 22 abr. 2019.

ABNET - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR-5462: CONFIABILIDADE E MANTENABILIDADE. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BIGATON, C. Automação CNC. São Paulo: 2000. (Terceiro ciclo de técnico em mecânica)

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão Estratégica da Manutenção: Uma Oportunidade Para Melhorar o Resultado Operacional**. Trabalho de Diplomação, UFJF, Juiz de Fora, 2013.

DA SILVA, Luis Aparecido Marques; PASTOR, Cesar Sales; STÁBILE, Samuel. **A importância do planejamento estratégico no ambiente organizacional: um estudo sobre as dificuldades de gestão**. Administração de Empresas em Revista, v. 14, n. 15, p. 17-32, 2015.

DA SILVA, Luciane Scoto; FLORES, Daniel. **Gestão da Qualidade em Arquivos: ferramentas, programas e métodos**. 2011.

DA SILVA NETO, João Cirilo; GONÇALVES DE LIMA, A. M. **Implantação do Controle de Manutenção**. Revista Club de Mantenimiento, n. 10, 2002.

FERNANDES, João C. et al. **Manutenção Corretiva: Manutenção e Lubrificação de Equipamentos**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Engenharia–Bauru, 2010.

HYPERTHERM. **Manual do operador Powermax65-85**. 2018, revisão 4, 154 p.

HYPERTHERM et al. **Sistema a plasma Powermax85**. [200-?].

Disponível em: <<https://www.hypertherm.com/pt/hypertherm/powermax/powermax85/>>.

Acesso em: 12 jun. 2019.

LIMA, Erasmo et al. **A Evolução do Plasma**. 2008. Siderurgia Brasil — Edição 56.

Disponível em:

<<http://foundrygate.com/upload/artigos/A%20Evolu%C3%A7%C3%A3o%20do%20Plasma.pdf>>.ÇLKJ

Acesso em: 22 abr. 2019

LIMA, Erasmo et al. **CORTE A PLASMA**. [200-?]. Revista da Soldagem - ABS - Associação Brasileira de Soldagem.

Disponível em:

<https://tobiasmugge.files.wordpress.com/2008/10/sup_3_artigo_corte_plasma.pdf>.

Acesso em: 22 abr. 2019.

LOURENÇO, Amanda; RIBEIRO, Julia; MOREIRA, Natacha Alexsandra Rezende. **A IMPORTÂNCIA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UMA INDÚSTRIA**. 2018.

MAICZUK, Jonas; JÚNIOR, Pedro Paulo Andrade. **Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso**. *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 14, n. 1, 2013.

MARIANI, Celso Antonio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **RAI-Revista de Administração e Inovação**, v. 2, n. 2, 2005.

MENEZES, Moraes Felipe. **MASP: Metodologia de Análise e Solução de Problemas**. Porto Alegre: Produttore, 2013.

NETO, Teófilo CM. **A história da evolução do sistema de gestão de manutenção.** 2017.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2008.

SANTIAGO, V. A. **Corte com arco plasma.** In: SIMPEP, 2004, Bauru. Anais XI SIMPEP, 2004.

SMARTBEE et al. **Tipos de Manutenção: Manutenção Industrial.** [200-?].

Disponível em: <<https://smartbee.com.br/novidade/tipos-de-manutencao/>>.

Acesso em: 12 jun. 2019.

TAVARES, Lourival Augusto. **A evolução da Manutenção.** Revista Nova Manutenção y Qualidade, n. 54, 2005.

TEIXEIRA, Carlos Alberto Chagas; DANTAS, Giane Gomes Teixeira; BARRETO, Carla Alessandra. **A importância do planejamento estratégico para as pequenas empresas.** Revista Eletrônica Científica da FAESB, v. 1, n. 1, 2015.

TELES, Jhonata et al. **Confiabilidade: O que é e Como medir?** 2018. ENGETELES.

Disponível em: <<https://engeteles.com.br/o-que-e-confiabilidade/>>.

Acesso em: 10 jun. 2019.

TELES, Jhonata et al. **Manutenção Enxuta: O que você precisa saber.** 2018. ENGETELES.

Disponível em: <<https://engeteles.com.br/o-que-e-manutencao-enxuta/>>.

Acesso em: 08 jun. 2019.

TELES, Jhonata et al. **Tipos de Manutenção de acordo com a NBR 5462.** 2018.

ENGETELES. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/>>.

Acesso em: 08 jun. 2019.

TONDATO, Rogério. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica.** 2004.

URTADO, Edson et al. **CORTE DE METAIS: O Processo de Corte de Metais por PLASMA.** Hypertherm Brasil Ltda. [200-?].

Disponível em:

<<http://foundrygate.com/upload/artigos/Corte%20de%20Metais%20por%20PLASMA.pdf>>.

Acesso em: 22 abr. 2019

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção.** Qualitymark Editora Ltda, 2002.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva.** Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, v. 171, 1998.

WEBER, Abilio José; AMARAL FILHO, Dario do; ALEXANDRIA JUNIOR, João Pedro; CUNHA, José Antônio Peixoto; ARAUJO, Pedro. **CURSO TÉCNICO MECÂNICO - Manutenção Industrial 1ª edição.** 2008. SENAI-CFP “Alvimar Carneiro de Rezende”.

Disponível em: <<https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2012/10/manutenc3a7c3a3o-de-mc3a1quinas-e-equipamentos.pdf>>.

Acesso em: 25 mar. 2019.

7. APÊNDICE

APÊNDICE A - QUADRO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

Procedimento	Descrição do Serviço	Execução	Tipo de Manutenção	Frequência	Código de Procedimento
Verificação de luzes indicadoras	Verificar se a fonte plasma apresenta alguma luz ou ícone de indicação de falha	Após a verificação das luzes, consultar o manual da fonte para identificação da falha, junto do manual estará o procedimento mais adequado para correção	Preventiva	A cada uso	PRM-CNC-01
Limpeza dos Componentes da Tocha e Avaliação de Consumíveis	Avaliar condição dos consumíveis e realizar a limpeza dos bicos afim de garantir a qualidade dos corte e o aumento da vida útil dos consumíveis	Com a fonte desligada, efetuar a desmontagem do bico seguindo o manual da máquina, e após ter os componentes em mãos, utilizar escova de aço para remoção de escória tanto do bico quanto do bocal defletor, após ambos limpos, utilizar spray anti-respingo, que irá auxiliar no aumento da vida útil dos componentes, o spray faz com que seja mais difícil a escória do corte se fixar nos componentes	Preventiva	A cada uso	PRM-CNC-02
Troca dos Consumíveis	Constada a deterioração dos consumíveis, realizar a troca dos mesmos	Com a fonte desligada, efetuar a desmontagem do bico seguindo o manual da máquina, remover consumíveis velhos e substituir por novos. Remontar tocha e ligar fonte.	Corretiva	-	PRM-CNC-03
Cuidados com o nível de água dos tanques	Verificar se o nível da água é suficiente para a operação de corte, assim garantindo a integridade dos tanques de água e grelhas, evitando o deterioramento precoce	A água deve tomar aproximadamente 75% do volume do tanque, o que seria um pouco mais do que o meio dos tanques. Caso o mesmo não esteja de acordo, deve ser completado. Próximo ao equipamento, sempre haverá uma mangueira de água para este procedimento, caso não haja, solicitar ao almoxarifado.	Preventiva	2 vezes ao dia	PRM-CNC-04
Limpeza superficial dos equipamentos e componentes	Limpar de forma superficial não só a estrutura do equipamento mas também o local de instalação da mesma e fonte plasma	Efetuar o desligamento dos equipamentos, e utilizar ar comprimido limpo para remoção da poeira e sujeiras do equipamento. Após a limpeza do excesso, utilizar spray desengripante e panos para garantir uma limpeza completa. O spray também ajudará na lubrificação das cremalheiras e trilhos. Junto dessa limpeza, é aconselhado realizar a limpeza e organização do ambiente de trabalho.	Preventiva	Semanal	PRM-CNC-05
Limpeza dos tanques de água e grelhas	Realizar a limpeza dos tanques, trocando a água removendo resíduos sólidos e descartando os mesmos de forma correta, além de bater as grelhas de forma a "desgrudar" a escória de metal fundido	Primeiramente é necessário realizar o esgotamento dos tanques, após realizado o esgotamento, utilizando uma pá ou outro equipamento que possa recolher os resíduos decantados, todos os resíduos sólidos são removidos. As grelhas podem ser limpas durante este processo, após certo tempo de utilização, as grelhas começam a acumular escórias de metal fundido, basta bater as grelhas que as escórias se soltam, por fim as grelhas são reinstaladas e o nível da água completado.	Preventiva	Mensal	PRM-CNC-06
Verificação da integridade das etiquetas e adesivos indicativos	Analisar todas as etiquetas dos equipamentos que são pertinentes a manutenção e procedimentos de operação	Ao constatar defeito nas etiquetas e adesivos, efetuar a troca dos mesmos, por componentes similares e que atendam as peculiaridades dos equipamentos ao qual estão instalados	Preditiva	3 Meses	PRM-CNC-07
Inspecção da Tocha e Cabos da Fonte	Inspecionar tocha, cabos de alimentação, plugues, cabo da tocha e demais cabos e trocá-los se estiverem com algum tipo de avaria	Com todos os equipamentos desligados, verificar os cabos elétricos, da tocha e de comando, também verificar plugs e componentes elétricos, como botoeiras e chaves. Detectado alguma falha, efetuar a troca imediatamente.	Preditiva	3 Meses	PRM-CNC-08
Inspecção e limpeza dos rolamentos, pinhões e componentes internos	Inspecionar a integridade dos rolamentos, pinhões e outros componentes internos e de difícil acesso, e por fim limpa-los	Esses componentes se encontram no interior da máquina, será necessário a desmontagem de partes da estrutura como proteções. Após a desmontagem, realizar a limpeza destes itens com ar comprimido e realizar a troca caso detectado algum problema ou defeito. A vida útil desses componentes irá variar muito conforme o uso do equipamento e limpeza dos mesmos.	Preditiva	3 Meses	PRM-CNC-09
Limpeza do Interior da Fonte Plasma	Limpar o interior da fonte de alimentação com ar comprimido ou vácuo	Com o equipamento desligado, desinstalar os cabos e componentes ligados a máquina. Efetuar a desmontagem das proteções da fonte e por fim, utilizar fonte de ar limpa (sem impurezas como água, humidade ou óleo), afim de não contaminar ou sujar o interior da máquina	Preventiva	6 Meses	PRM-CNC-10
Troca das Correias	Realizar a troca das correias sincronizadas, afim de evitar colapsos na máquina	Remover as proteções laterais para alcançar as correias, afrouxar os tensores polias e por fim realizar a troca das correias, garantindo que as mesmas ao fim da montagem fiquem tensionadas de forma a garantir o correto funcionamento do equipamento	Preventiva	2 Anos	PRM-CNC-11
Troca dos Rolamentos e Pinhões	Realizar a troca dos rolamentos e pinhões dos eixos Y e X	Os rolamentos se encontram junto das cremalheiras, guias e trilhos. Os laterais possuem um acesso fácil e podem ser retirados com facilidade, já o rolamento superior encontra-se por baixo de uma proteção, após retirados devem ser avaliados. A vida útil varia de 2 a 3 anos.	Preventiva	2 Anos	PRM-CNC-12

APÊNDICE E – PLANILHA DE INDICADORES E GRÁFICOS

CONTROLE DE MONITORAMENTO - MESA CNC CORTE PLASMA

Descrição	Código	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	MÉDIA	SOMATORIA
Numero de Intervenções no Equipamento	NC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Horas Disponíveis do Equipamento	HD	45:00:00	45:00:00	45:00:00	45:00:00	45:00:00	45:00:00	45:00:00	45:00:00	45:00:00	45:00:00	45:00:00	450:00:00
Tempo de Indisponibilidade do Equipamento	HIM	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
Numero de Falhas	NF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo total de operação	HO	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
Tempo de Paralização para Manutenção	HM	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
Numero de Peças Cortadas	NPC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Numero de Retrabalhos	NRT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faturamento da Companhia	FTC	R\$ -	R\$ -	R\$ -									
Gastos com Manutenção	CGM	R\$ -	R\$ -	R\$ -									

Indicadores	Código	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	MÉDIA	SOMATORIA
Tempo Médio Entre Intervenções (Troca Consu)	MTBF	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
Tempo Médio para Reparo	MTRR	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
Tempo Médio para Falha	TMFF	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
Disponibilidade do Maquinário	DF	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0%	-
Contabilidade do Maquinário (t = 30 dias)	R	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-
Custo de Manutenção por Faturamento	CMF	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Taxa de Retrabalho	TRT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-
Comparativo Receita x Custo	CRC	R\$ -	R\$ -	R\$ -									

