

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA MECÂNICA**

**HENRIQUE EDUARDO ALVES  
THIERRY LIMA FERRER**

**ESTUDO COMPARATIVO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PROCESSOS NÃO  
CONVENCIONAIS PARA CORTE DE CHAPAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CORNÉLIO PROCÓPIO  
2016**

**HENRIQUE EDUARDO ALVES  
THIERRY LIMA FERRER**

**ESTUDO COMPARATIVO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PROCESSOS NÃO  
CONVENCIONAIS PARA CORTE DE CHAPAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial do Departamento Acadêmico da Mecânica – DAMEC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Msc. Jefferson Luis Cesar Salles

**CORNÉLIO PROCÓPIO  
2016**

**TERMO DE APROVAÇÃO  
SCANEAR A ATA DA DEFESA**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Orientador

Prof. Jefferson Luis Cesar Salles

---

Membro

Prof.<sup>a</sup> Émilyn F.Treevisani Olivio

---

Membro

Prof. Carlos de Nardi

Cornélio Procópio, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Dedicamos este trabalho aos familiares,  
aos amigos, aos professores que com  
prestatividade nos ajudaram para que  
fosse possível a realização deste.

E também aos fornecedores que  
dispuseram de seu tempo para nos  
repassar todos os materiais de pesquisa  
utilizados.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus por nos conceder saúde, sabedoria e proteção, aos familiares que sempre nos apoiaram, e aos professores que contribuíram com todo empenho e conhecimento para que nos formássemos em exímeis profissionais. E um agradecimento especial à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por nos fornecer uma excelente estrutura acadêmica.

Mil cairão ao teu lado, e dez mil à tua  
direita, mas tu não serás atingido.  
(Salmo 91, vers. 7)

## RESUMO

Este é um estudo comparativo entre processos não convencionais para corte de chapas, disponibilizando dados de valores e equações para análise de custos, com o objetivo de implantar alguns sistemas automatizados para futuros investimentos empresariais, o que facilitará a visão do empresário investidor no melhor uso possível de seus recursos disponíveis no intuito de evitar eventuais aquisições equivocadas e frustrantes em suas empresas. Por ser de difícil acesso e até mesmo burocrático, com estes levantamentos de custos de implantação e utilização, pretende-se facilitar tal trabalho disponibilizando o estudo de valores de fácil acesso. Alguns sistemas de corte de chapas por comando CNC (Comando Numérico Computadorizado) permitem um maior aproveitamento de tempo, das dimensões das chapas a serem cortadas, de acabamento, entre outros. Portanto, é feita uma abordagem breve dos sistemas de corte convencionais, chegando até o aprofundamento do funcionamento dos processos não convencionais estudados para que se tenha um melhor entendimento das partes interessadas, posteriormente expondo os resultados que realmente se faz foco, o estudo da quantificação da estimativa dos gastos dos processos de corte a Laser e a Plasma.

**Palavras-chave:** Processos, Usinagem, Implantação, Custos.

## **ABSTRACT**

This is a comparative study of non-conventional processes for cutting plates, providing data values and equations for cost analysis aimed at the implementation of some automated systems for future business investment, facilitating investor entrepreneur vision in the best possible use of available resources in order to avoid any misleading and frustrating purchases in their companies. Being difficult to access and even bureaucratic, with these surveys deployment costs and use, it is intended to facilitate such work providing the study of easy access values. Some cutting systems plates for CNC (Computer Numeric Control) allow increased recovery time, the dimensions of the sheets to be cut, trim, etc. Therefore, a brief overview of conventional cutting systems is made, reaching the depth of operation of non-conventional processes studied in order to have a better understanding of stakeholders, and which results that really does focus the study of quantification estimated costs of cutting processes Laser and Plasma.

**Key-words:** Processes, Machining, Implementation, Costs.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Orçamentos de maquinários de corte por Plasma.....	30
Tabela 2 – Orçamentos dos consumíveis utilizados com maior frequência do corte por Plasma.....	30
Tabela 3 – Orçamentos de maquinários de corte a Laser.....	31
Tabela 4 – Orçamentos dos consumíveis utilizados com maior frequência no corte a Laser.....	31

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tocha Plasma.....	17
Figura 2 – Máquina de corte CNC FEMCOR LINEACORD MAX HPR XD.....	20
Figura 3 – Consumíveis utilizados no processo de corte térmico por Plasma.....	21
Figura 4 – Corte a Laser.....	22
Figura 5 – A máquina de corte a Laser PRIMA POWER PLATINO 2.0 FIBER.....	24
Figura 6 – Consumíveis utilizados no processo térmico de corte por Laser.....	25
Figura 7 – Comparação entre Plasma, Oxicombustível e Laser.....	27

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Processos de corte de chapas .....	16
Quadro 2 – Comparativo entre os cortes a Plasma e a Laser.....	26

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO .....	12
1.2 OBJETIVOS .....	13
1.2.1 Objetivo geral .....	13
1.2.2 Objetivos específicos .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 CORTE DE CHAPAS .....	16
2.2 CORTE POR PLASMA .....	17
2.2.1 Tipos de Sistemas Plasma .....	18
2.2.2 Características de Sistema Plasma .....	19
2.2.3 Consumíveis do Sistema Plasma .....	20
2.3 CORTE A LASER .....	21
2.3.1 Tipos de Sistema Laser .....	22
2.3.2 Características do Sistema Laser .....	23
2.3.3 Consumíveis do Sistema Laser .....	24
2.4 COMPARATIVO ENTRE OS PROCESSOS PLASMA E LASER .....	25
2.4.1 Comparativo Entre as Capacidades .....	28
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>30</b>
4.1 LEVANTAMENTO ORÇAMENTAL DOS EQUIPAMENTOS E CONSUMÍVEIS .....	30
4.2 EQUAÇÕES PARA OBTENÇÃO DOS CUSTOS GERAIS DOS PROCESSOS .....	32
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolver da tecnologia, a indústria obteve novos meios que aperfeiçoassem a produtividade, novos sistemas foram sendo criados e implantados, e, atualmente, a mesma se encontra no ápice de seu avanço. Com a necessidade de cumprir a alta demanda e ao mesmo tempo reduzir gastos e tempos na produção, empresas vêm se adaptando a algumas inovações automatizadas.

Máquinas com sistemas não convencionais, ou seja, que possuem mecanismos tecnologicamente mais avançados que os usuais, como por exemplo, comandadas por CNC (comando numérico computadorizado), têm sido formas eficientes para atender a esta necessidade. Como exemplo cita-se: Usinagem por Jato d'água, Usinagem a Plasma, a Laser, por Ultrassom, etc. E saber o quanto seria necessário se dispor de recursos para futuras implantações de alguns desses sistemas é de extrema importância.

Sendo assim, por meio de estudo serão disponibilizados dados e conceitos sobre equipamentos de corte de chapas, especificamente os de corte por Plasma e a Laser, prontificando valores, cálculos de custos, vantagens e desvantagens, para, deste modo, auxiliar na seleção do melhor método de trabalho, minimizando a margem de frustração do empresário investidor.

### 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Para investir qualquer tipo de capital em uma empresa, após certificar-se da sua necessidade, faz-se necessário um estudo sistemático em relação ao equipamento ou produto a ser adquirido, considerando todo o tipo de informação que auxilie o comprador a não se exceder no momento da compra. Por isso, é importante que se realize um prévio orçamento de custos em geral. Algumas informações são de difícil acesso e que às vezes consomem muito tempo para serem levantadas, podendo vir a comprometer a produtividade da empresa, e atrapalhar toda uma cadeia de fornecimento. Empréstimos e financiamentos têm possibilitado novos empresários no mercado, mas conforme se acompanha um alto

crescimento destes, o índice de falência tem crescido equivalente ou superiormente, talvez não só por causas de instabilidade na economia que já restringem investimentos errôneos, mas, por falta de planejamento.

Este trabalho é direcionado aos empresários de pequeno e grande porte que pretendem ampliar seus negócios, e até mesmo para novos empreendedores, servindo assim para orientá-los previamente.

Sendo o tempo e escala de produção elementos primordiais, com o estudo de custo-benefício realizado e sua eventual utilização, o investidor reduzirá a margem de erro, economizará tempo e gastos na etapa de implantação, além disso, fará uso de dados que nem sempre estão disponíveis com facilidade, garantindo maior margem de segurança e sucesso ao investimento.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Através de estudos e pesquisas, levantar informações sobre dados de equipamentos de corte de chapas não convencionais, especificamente do corte a Laser e por Plasma, para que seja feita análise de qual equipamento selecionar, e logo após expor relações de custos pra se adquirir o respectivo maquinário e seus consumíveis, e também prontificar equações pra que o interessado realize cálculos para a obtenção dos demais custos do processo.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Apontar os tipos disponíveis de processos de corte de chapas em geral;
- b) Focalizar o estudo entre os processos de corte a Laser e a Plasma;
- c) Explicar como funcionam os mecanismos e sua aplicabilidade;

- d) Levantar estudo de custos dos equipamentos e consumíveis;
- e) Prontificar equações para a obtenção de custos em geral.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme a obra de Andrade e Cunha (2002), que diz:

A expectativa para os próximos anos é a continuidade do desenvolvimento da metalurgia brasileira através de programas de investimentos para expansão da capacidade de produção e o enriquecimento de produtos mais direcionados ao mercado interno.

No segmento de corte de chapas não é diferente, a melhoria se faz necessária, pois com o decorrer dos anos, dos “altos e baixos” provocados pelas crises financeiras, notou-se restrição no potencial de desenvolvimento das indústrias. Com a alta demanda de produtividade, a única solução é o investimento para implantar novos meios de sistemas ferramentais, automatizados, para que assim possa suprir esta maior quantidade de serviço. (CORRÊA; GIANESI; CAON, 1997).

Mas para que seja feito qualquer tipo de investimento de capital, é necessário o estudo aprofundado no assunto, um orçamento empresarial, desde o total conhecimento sobre o equipamento que se pretende adquirir, até a visão de quanto a empresa em que se realizará o estudo de implantação espera faturar no próximo ano e nos próximos três anos, por exemplo, qual a projeção de custos e quais as despesas operacionais. Só assim pode-se ter noção de como investir os lucros obtidos e quanto se espera lucrar. Partindo desses pontos, têm-se a visão de quanto e quando adquirir novos maquinários e contratar mais mão de obra qualificada, obtendo dessa forma a expansão e o retorno esperado. Diante disso, toma-se proveito da seguinte lição de moral extraída em uma famosa fábula, conhecida pela maioria: "Para quem não sabe aonde quer ir, qualquer caminho serve". (DE PAULA, 2014).

Destarte, todos os levantamentos citados anteriormente devem ser considerados, desde as grandes empresas até novos empreendimentos. O seguimento de corte de chapas sempre se manteve em alta no mercado, pois se pode considerar difícil pensar em grandes equipamentos em que não se necessita do uso de chapas cortadas. (CORTE E CONFORMAÇÃO DOS METAIS, 2015).



## 2.1 CORTE DE CHAPAS

O segmento pode englobar várias técnicas diferentes, cada qual envolvendo suas peculiaridades, vantagens e desvantagens, bem como faixas de aplicação e limitação. Os processos de corte encontrados no mercado podem ser agrupados nas seguintes categorias conforme apresenta o Quadro 1 (HYPERTHERM, 2015):

<b>Mecânicos</b>	<i>serra, punção, jato de água c/abrasivo</i>	Excelente qualidade e precisão	Caros, lentos
<b>Químicos</b>	<i>Oxicorte</i>	Baixo invest., ampla aplicação, qualidade aceitável acima de 1/4"	alto custo de retrabalho, só metais ferrosos, lento, grande aporte de calor
<b>Térmicos</b>	<i>Plasma sem oxidação Laser sem oxidação</i>	Excelente qualidade em alguns materiais Altas velocidades	Transformações metalúrgicas Alto custo de invest.
<b>Químico-Térmicos</b>	<i>Plasma com Oxigênio Laser com Oxigênio</i>	Excelente qualidade em aços finos Alta velocidade	Transformações metalúrgicas Alto custo de invest.

**Quadro 1: Processos de corte de chapas.**

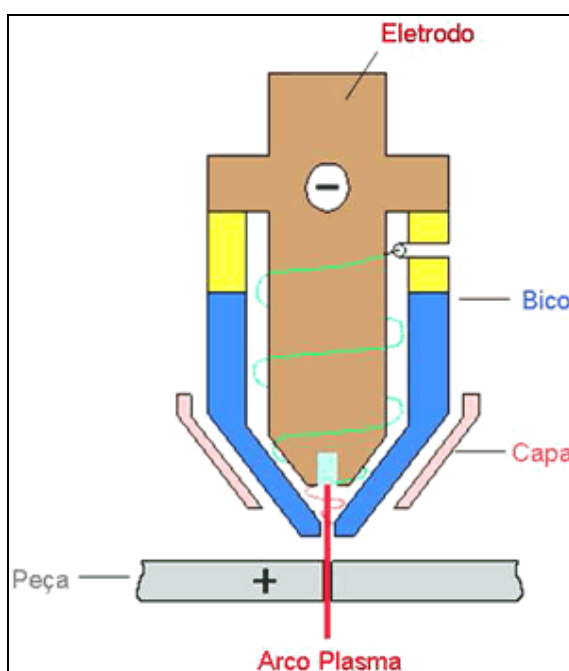
Fonte: Hyperterm, 2015.

As características de um corte perfeito seriam (HYPERTHERM, 2015):

- a) Ângulo reto;
- b) Excelente tolerância;
- c) Sem sangria;
- d) Alta velocidade;
- e) Baixo Custo;
- f) Sem desgaste de ferramentas;
- g) Repetibilidade.

## 2.2 CORTE POR PLASMA

A definição de plasma é tida como o quarto estado da matéria. Quando adicionada mais energia no gás, propriedades como temperatura e características elétricas são modificadas. Este processo é chamado ionização, ou seja, criação de elétrons livres e íons entre os átomos do gás. Quando isso ocorre, o gás torna-se um plasma, sendo eletricamente condutor pelo fato de os elétrons livres transmitirem a corrente elétrica. Quanto menor for a seção, maior será a temperatura no gás plasma, devido à dificuldade da passagem de elétrons. Em uma tocha de arco plasma (Figura 1) a ponta do eletrodo é recolhida em um bocal, através do qual o gás plasma flui. O gás passa pelo arco elétrico formando o plasma, aquecido dentro do bocal, o gás sofre uma enorme expansão, e sai em um pequeno orifício, adquirindo velocidades por volta de 6 Km/s, acentuando o fenômeno de dissociação. Quando fora do bocal, os íons recombina-se para voltar ao estado gasoso, liberando uma energia tal que leva a temperaturas acima de 25000 °C sendo que qualquer outro elemento se funde ou vaporiza a tais situações. Esta energia é então utilizada para fundir o metal base. (INDÚSTRIAHOJE, 2013)



**Figura 1: Tocha Plasma.**  
Fonte: Portal IndustriaHoje, 2013.

### 2.2.1 Tipos de Sistemas Plasma

Primeiramente, o uso do gás tem duas finalidades no processo: a geração do plasma (gás de plasma) e a refrigeração da tocha. Quanto à seleção do gás, tipos de tochas, e escolha do sistema (HYPERTHERM, 2015):

A seleção do gás de plasma deve considerar tipo de metal a ser cortado (HYPERTHERM, 2015):

- a) Aço carbono: Oxigênio;
- b) Aço inoxidável de baixa espessura: Nitrogênio;
- c) Aço inoxidável e alumínio de espessura elevada: H35.

O ar comprimido é a opção mais econômica para todos os tipos de materiais.

As tochas podem ser (HYPERTHERM, 2015):

- a) Quanto à aplicação: Manuais ou Automáticas;
- b) Quanto ao tipo: Mono-gás ou Múltiplo gás;
- c) Quanto à refrigeração: Ar ou Água.

Quanto à escolha do tipo do sistema (HYPERTHERM, 2015):

a) Sistemas de plasma a ar comprimido (menor custo): Com carga de máquina de um ou no máximo dois turnos, eficiente em espessuras inferiores a 12 mm.

b) Sistemas duplo gás (custo médio): De alta carga de máquina, predomina um tipo de material.

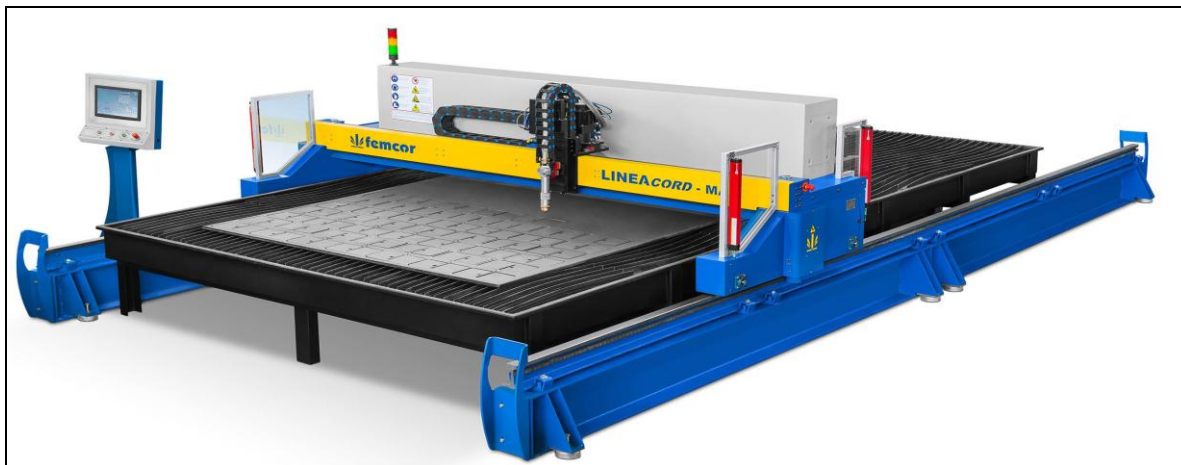
c) Sistema de alta definição (custo mais elevado): Qualidade de corte combinado com produtividade, e de média a alta carga de máquina.

## 2.2.2 Características do Sistema a Plasma

Segundo a Hypertherm (2015), as características dos sistemas a Plasma são:

- a) Sem necessidade de pós-operação;
- b) Velocidade e facilidade na operação;
- c) Corta uma ampla faixa de espessuras (Dependendo da capacidade do equipamento, é possível cortar metais desde 0.5mm até 80 mm de espessura);
- d) Processo muito seguro, não utiliza perigosos cilindros de oxigênio e gás combustível e nem mangueiras transportando elementos combustíveis;
- e) Corta qualquer metal condutor (Aço carbono, inoxidável, alumínio, bronze, cobre, ferro fundido);
- f) Alta velocidade de corte;
- g) Perfura sem pré-aquecimento;
- h) Permite cortar chapas empilhadas;
- i) Corte limpo (O corte não deixa escória, por isso, não é necessária a limpeza posterior com esmeril);
- j) Não superaquece o material (Devido à alta velocidade de avanço, a zona térmica afetada - ZTA - é muito pequena);
- k) As chapas de espessura fina não se deformam.

Têm-se na Figura 2 a ilustração de uma máquina de corte por Plasma:



**Figura 2: Máquina de Corte CNC FEMCOR LINEACORD MAX  
Plasma Hyperformance HPR 130 XD  
Fonte: BAW BRASIL LTDA, 2015**

### 2.2.3 Consumíveis do Sistema Plasma

Os consumíveis utilizados usualmente no processo de corte por Plasma do equipamento escolhido segundo a Hypertherm são:

- a) Capa de retenção exterior;
- b) Capa de retenção interior;
- c) Bocal;
- d) Bico;
- e) Difusor de gás;
- f) Eletrodo.

A Figura 3 ilustra os consumíveis utilizados no processo de corte por Plasma:



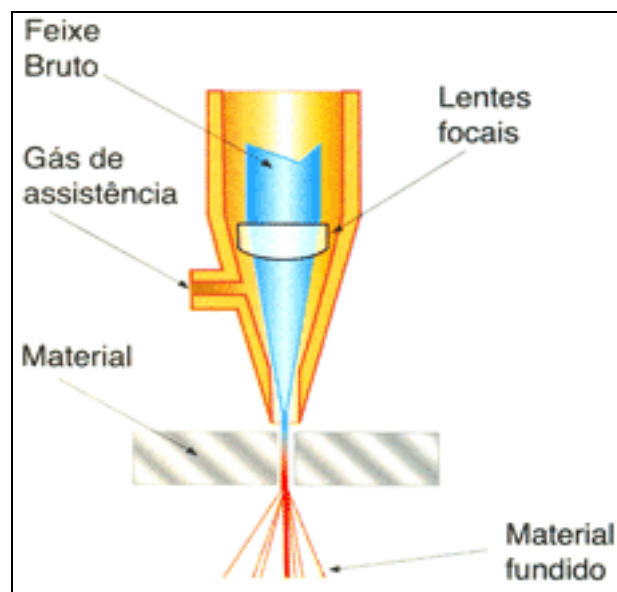
**Figura 3: Consumíveis utilizados no processo de corte térmico por plasma**  
Fonte: Engineering Machinery – Representante Hyperterm, 2015.

### 2.3 CORTE A LASER

O nome LASER é a abreviatura da descrição do processo em inglês: “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”, que traduzido significa: Amplificação de luz por emissão estimulada de radiação. O feixe laser se propaga no ar com pouca divergência, orientando-se por óticas sem perder ou alterar suas características físicas, fato este que impulsionou seu desenvolvimento. Existem hoje vários tipos, indo do sólido ao gasoso, com comprimentos de onda na faixa do Infravermelho (IF) até o Ultravioleta (UV). Em uma rápida definição, pode-se dizer que o laser é um dispositivo que produz um feixe de radiação. Ao contrário do que se pensa o que torna este processo altamente interessante não é a quantidade de radiação emitida, e sim a qualidade desta. Devido à qualidade da radiação laser, sua utilização no corte possibilitará a obtenção de determinadas características quase impossíveis de se obter com outros processos (TELECURSO 2000).

Com o entendimento de que o Laser promove a fusão e evaporação de materiais em regiões muito localizadas, pode-se concluir que um processo de corte

contínuo, de alta velocidade e de excelente qualidade, somente ocorrerá quando adicionar-se a este poderoso feixe de energia um jato de gás, que obviamente seja compatível com o material a ser processado. Este gás é conhecido como Gás de Assistência, Gás de Processo ou ainda Gás de Corte e tem finalidade de expulsar as partículas do material, como se estivesse "abrindo o caminho para o corte". Os Gases de Assistência mais comumente utilizados são o Oxigênio e o Nitrogênio (INDUSTRIAHOJE, 2013). A Figura 4 simplifica seu funcionamento:



**Figura 4: Corte a Laser.**  
Fonte: Portal IndustriaHoje, 2013.

### 2.3.1 Tipos de Sistemas Laser

No que se refere à aplicação do Laser de Corte, assim como para o processamento de materiais de uma forma geral, utilizam-se, essencialmente, dois tipos (INDUSTRIAHOJE, 2013):

a) Laser sólido, que é concebido a partir de um meio ativo sólido. Destaque para o Laser Nd: YAG, que produz potências médias relativamente baixas. Sua principal vantagem é a possibilidade de ser transmitido por fibras óticas. E principal limitação é a velocidade de corte mais baixa que o CO<sub>2</sub>.

b) Laser a Gás: Este tipo de Laser é concebido a partir de um meio ativo gasoso. O Laser CO<sub>2</sub> é o sistema de geração de feixe mais amplamente utilizado no processo de corte de materiais. Apesar de sua designação, o meio ativo é formado por uma mistura de gases geralmente composta por Dioxido de Carbono, Nitrogênio e Hélio, em percentuais variáveis que dependem da especificação de cada fabricante de equipamento. Estes são os gases conhecidos como Gases de Formação Laser, Gases de Geração Laser ou ainda somente Gases Laser.

A predominância do Laser CO<sub>2</sub>, segundo a Prima Power (2015) é assim justificada:

- a) Grande flexibilidade deste sistema referente a materiais, espessuras e geometrias de corte.
- b) Maior velocidade de corte em comparação com o Laser Nd:YAG.
- c) Custo relativamente baixo por watt, tanto em termos de investimento quanto de produção.

### 2.3.2 Características do Sistema Laser

Costuma-se dizer que o “Laser é uma ferramenta de corte afiada e sem desgaste”. Na verdade, o Laser é o mais avançado processo tecnológico para corte térmico, que possui como principais vantagens (LGV, 2010):

- a) Não causa distorção nas peças;
- b) Cantos com qualidade;
- c) Redução nos custos da peça;
- d) Menos sucata;
- e) Ciclo rápido de produção de amostras;
- f) Processa uma grande variedade de espessuras;
- g) Trabalhos sem danos na superfície das peças;
- h) O melhor sistema CAD/CAM para o desenvolvimento das peças;
- i) Possibilidade de armazenamento eletrônico do desenho das peças cortadas;



- j) Alta precisão, no corte a laser a tolerância de diferença de medidas entre o computador e a peça já fabricada é de apenas de 0.2 mm;
- k) Excelente qualidade da superfície cortada;
- l) Níveis mínimos de deformação, emissões de fumos e ruídos;
- m) Mínima Zona Termicamente Afetada (ZTA);
- n) Sangria estreita (Kerf), reduzindo perda de material;
- o) Alta velocidade de corte;
- p) Extrema versatilidade ao processar uma imensa variedade de materiais;
- q) Sistema automatizado que possibilita o corte de figuras geométricas complexas com 2D ou 3D.

Abaixo segue uma ilustração (Figura 5) de uma máquina de corte a laser:



**Figura 5:** A máquina de corte a laser Prima Power Platino 2.0 fiber.  
**Fonte:** Prima Power

### 2.3.3 Consumíveis do Sistema Laser

Segundo BAW Brasil Ind e Com Ltda (2015), os consumíveis do sistema de corte a Laser que são mais comumente utilizados, nos equipamentos escolhidos para o estudo, são mostrados na Figura 6 abaixo:

- a) Lente;
- b) Componente cerâmico;
- c) Bico;
- d) Anéis e espaçadores;
- e) Conectores;
- f) Espelho;
- g) Filtro;
- h) Lubrificantes e fluidos especiais;
- i) Tubo Laser CO<sub>2</sub>.



**Figura 6: Consumíveis utilizados no processo de corte térmico por Laser**  
**Fonte: Richardson Electronics Consumíveis: representante TRUMPF® e**  
**Bystronic®, 2015.**

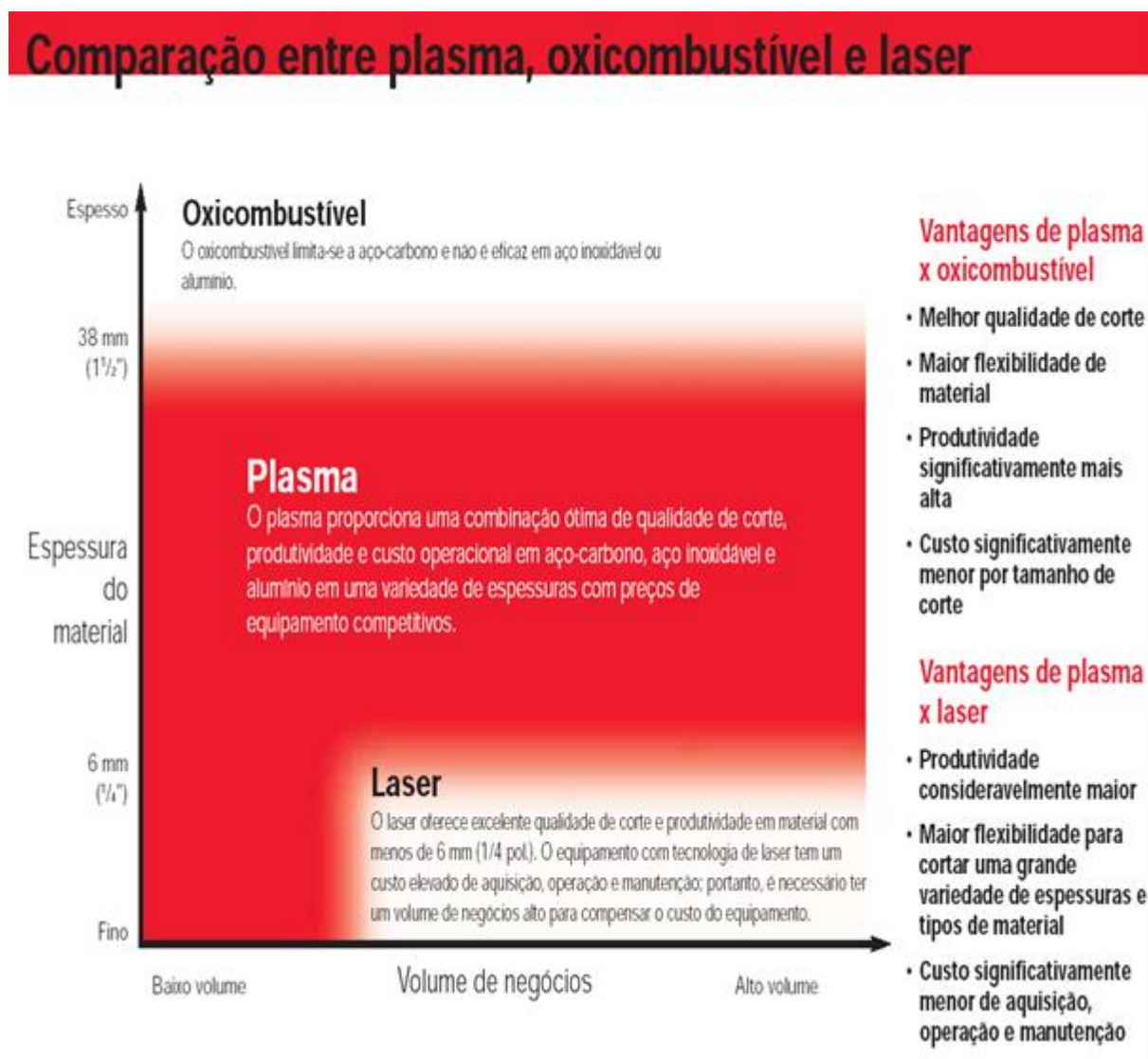
## 2.4 COMPARATIVO ENTRE OS PROCESSOS PLASMA E LASER

Segundo informações técnicas da Hypertherm (2015), o Quadro 2 abaixo mostra um comparativo considerando qualidade, produtividade e custo operacional de corte:

PROCESSO	PLASMA	LASER
<b>Qualidade do corte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente angularidade;</li> <li>• Pequena zona afetada pelo calor;</li> <li>• Praticamente não forma escória;</li> <li>• Corte com detalhamento fino de bom a excelente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente angularidade;</li> <li>• Pequena zona afetada pelo calor;</li> <li>• Praticamente não forma escória;</li> <li>• Corte com detalhamento fino com kerf mais estreito de bom a excelente.</li> </ul>
<b>Produtividade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade de corte muito rápida para todas as espessuras;</li> <li>• Tempos de perfuração bastante rápidos;</li> <li>• Tochas de desconexão rápida maximizam a produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito rápido em material fino (menos de 6mm – ¼ pol.); e mais lento em material de maior espessura;</li> <li>• Tempos de perfuração longos em materiais espessos.</li> </ul>
<b>Custo operacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longa durabilidade de consumíveis, boa produtividade e excelente qualidade de corte tornam o custo por peça inferior aos de outras tecnologias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos custos por peça devido a requisitos de potência, consumo de gás, alto custo de manutenção e velocidades de corte relativamente baixas em material espesso.</li> </ul>
<b>Manutenção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos de manutenção moderados: diversos componentes permitem que a manutenção seja realizada por equipes de manutenção internas. Ademais somente técnicos especializados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na maioria tarefas complexas de manutenção, exigem técnicos especializados.</li> </ul>

**Quadro 2: Comparativo entre os cortes a Plasma e a Laser.**  
**Fonte: Adaptado de Hypertherm, 2015.**

A Figura 7 demonstra simplificadaamente alguns padrões para a escolha do equipamento de corte de chapas, segundo informações técnicas da Hypertherm (2015):



**Figura 7: Comparação entre Plasma, Oxicombustível e Laser.**  
 Fonte: Hypertherm, 2015.

### 2.4.1 Comparativo entre Capacidades

Segundo a Hypertherm (2015), para se fazer uma comparação de capacidades, dados que variam conforme o equipamento escolhido, e que podem ser semelhantes, há de se considerar:

- a) Tamanho útil de área de trabalho nas coordenadas X, Y e Z, em mm;
- b) Disponibilidade a partir de que espessuras, em mm;
- c) Capacidade de espessura máxima para o Aço Carbono, Aço Inoxidável e Alumínio, em mm;
- d) Potência, em Kw;
- e) Ar Comprimido, em l/m;
- f) Gás, em l/m;
- g) Velocidade, em m/min;
- h) Precisão, em mm;
- i) Curso, em mm;
- j) Motorização, em W.

### 3 METODOLOGIA

É de certa dificuldade fazer um comparativo entre os processos de corte para se obter um resultado de qual seria o melhor para suposta utilização, pois cada um tem suas peculiaridades, somente sabendo as características dos materiais a serem processadas pode-se ter uma decisão mais objetiva. Somando estas supostas características com a disponibilidade de meios como orçamentos e fórmulas para a obtenção de custos, os respectivos investidores terão êxito em suas aquisições.

Sendo assim, foram realizados alguns levantamentos orçamentais com base nos equipamentos de corte por Plasma e a Laser, levando em conta os mais usuais segundo fornecedores, para que os supostos interessados no estudo de custos possam ter uma sucinta orientação em relação aos valores de equipamentos e seus respectivos consumíveis.

Com relação aos gastos no processo em si, visando que há larga faixa de diversidade e aplicabilidades, cada caso pode-se extrair custos distintos, então, se, por exemplo, fosse traçado somente uma linha ou faixa de chapas padronizadas a serem cortadas pelos dois tipos de equipamentos de corte, ou seja, por Plasma e a Laser, os resultados seriam muito restritos, tornando assim o estudo não tão proveitoso. No entanto, a solução se deu com a disponibilidade de equações para que se extraia o valor real de quanto se gastará com cada processo e suas variações. Isso se tornou possível com base em alguns cálculos de custos realizados por Ilii e Coteatã (2009), que, formularam algumas equações para se estimar o quanto será o gasto nos custos de implantação dos sistemas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados dos levantamentos orçamentais realizados de alguns dos equipamentos de corte de chapas por Plasma e a Laser e seus respectivos consumíveis. E também a exposição de equações para que o futuro aquisitor tenha a possibilidade de calcular quais serão seus gastos em geral no processo.

### 4.1 LEVANTAMENTO ORÇAMENTAL DOS EQUIPAMENTOS E CONSUMÍVEIS

No mercado atual, estão disponibilizados diversos equipamentos, cada um deles custeado conforme sua tecnologia, capacidade, e outros diferenciais. As tabelas 1-2-3-4 resumem os custos de máquinas e equipamentos a Plasma e a Laser, adotados como referência neste trabalho.

Tabela 1: Média orçamental de equipamentos de corte por plasma:

<i>Equipamento de Corte por Plasma</i>	<i>Valor do Conjunto (US\$)</i>	<i>Média dos Valores</i>
Máquina de Corte CNC FEMCOR LINEACORD MAX Plasma Hyperformance HPR 130 XD	US\$ 114.000,00	US\$ 145.945,00
Máquina de Corte CNC FEMCOR LINEACORD MAX Plasma Hyperformance HPR 260 XD	US\$ 128.000,00	
Máquina de Corte CNC Messer MultiTherm Plasma HPR 260 XD com sistema True Hole	US\$ 195.840,00	

Fonte: Adaptado de BAW, 2015.

Tabela 2: Orçamentos dos consumíveis utilizados com maior frequência nos equipamentos de corte por plasma:

<i>Consumível</i>	<i>Valor (US\$)</i>	<i>Total em Consumíveis</i>
Capa de retenção exterior HPRXD	US\$ 91,00	US\$ 388,54
Capa de retenção interior HPRXD	US\$ 187,08	
Bocal HPRXD	US\$ 15,48	
Bico HPRXD	US\$ 22,88	
Difusor de gás HPRXD	US\$ 26,17	
Tubo d'água HPRXD	US\$ 26,56	
Eletrodo HPRXD	US\$ 19,37	

Fonte: Adaptado de BAW, 2015.

Tabela 3: Média orçamental de equipamentos de corte a Laser:

<i>Equipamento de Corte a Laser</i>	<i>Valor do Conjunto (US\$)</i>	<i>Média dos Valores (US\$)</i>
Máquina de corte a laser PLATINO Fiber 2.0	US\$ 461.117,70	US\$ 560.705,90
Máquina de corte Laser Mitsubishi ML3015 eX-S	US\$ 505.000,00	
Máquina de corte Laser Mitsubishi ML3015 eX-45CF-R	US\$ 716.000,00	

Fonte: Adaptado de BAW, 2015.

Tabela 4: Orçamentos dos consumíveis utilizados com maior frequência nos equipamentos de corte a laser:

<i>Consumível</i>	<i>Valor (US\$)</i>	<i>Total em Consumíveis</i>
Lente	US\$ 590,80	US\$ 1.279,57
Cerâmica	US\$ 17,81	
Bico	US\$ 2,46	
Espelho	US\$ 80,50	
Tubo Laser CO <sub>2</sub>	US\$ 588,00	

Fonte: Adaptado de SOS LASER, 2015.

A partir dessas premissas pode-se observar que, a primeiro modo, o processo de corte a Laser é consideravelmente mais caro, porém para que não se tire conclusões precipitadas em relação a qual processo se torna mais caro com a peça já acabada, faz-se necessário realizar alguns cálculos de custos para saber realmente o quanto se gastará com cada processo, que serão apresentados a seguir.



## 4.2 EQUAÇÕES PARA OBTENÇÃO DOS CUSTOS GERAIS DOS PROCESSOS

Através dos cálculos de custos realizados por Ilii e Coteatã (2009), realizou-se a simplificação de tais fórmulas para também serem utilizadas no corte a laser, extraíndo assim a resposta de qual sistema de corte será o mais compensatório nos adversos casos. Sendo assim, observa-se que é necessário traçar três categorias que constituem os custos:

- a) Depreciação do investimento inicial;
- b) Custo operacional;
- c) Mão-de-obra.

A partir de tal afirmativa, o custo por hora de corte dos sistemas pode ser calculado pela seguinte fórmula (Equação 1):

$$C_{Total} = C_d + C_{op} + C_L \quad (1)$$

Onde:

$C_{Total}$ : É o custo por hora do corte expresso em [dólar/hora];

$C_d$ : É o custo da depreciação do investimento inicial [dólar/hora];

$C_{op}$ : É o custo operacional [dólar/hora];

$C_L$ : É o custo da mão-de-obra [dólar/hora].

O custo da depreciação está associado com a aquisição do equipamento, que nada mais é que o preço inicial da máquina amortizado ao longo de um período de tempo. Os custos de investimento para os diferentes tipos de máquinas dependem de sua potência, do tamanho da área de trabalho e da precisão de seus sistemas de posicionamento. Tal custo de depreciação do investimento inicial pode ser calculado pela seguinte fórmula (Equação 2):

$$C_d = I/P_a \times T_u \quad (2)$$

Onde:

$C_d$ : É o custo da depreciação do investimento inicial expresso em [dólar/hora];

$I$ : É o custo de investimento em capital da máquina [dólar];

$P_a$ : É o período de depreciação [anos];

$T_u$ : É o tempo de utilização da máquina [horas/anos].

O custo operacional inclui o valor do consumo de energia elétrica, consumo de gases, das peças que se desgastam, manutenção e reparo. Pode ser calculado através da seguinte fórmula (Equação 3):

$$C_{op} = C_e + C_{gs} + C_c + C_m \quad (3)$$

Onde:

$C_{op}$ : É o custo operacional expresso em [dólar/hora];

$C_e$ : É o custo da energia elétrica [dólar/hora];

$C_{gs}$ : É o custo dos gases [dólar/hora];

$C_c$ : É o custo das peças que se desgastam [dólar/hora];

$C_m$ : É o custo de manutenção [dólar/hora].

O custo da energia elétrica consumida pode ser calculado por meio da seguinte fórmula (Equação 4):

$$C_e = C_{ue} \times E \quad (4)$$

Onde:

$C_{ue}$ : É o custo unitário da energia elétrica expresso em [dólar/kWh];

$E$ : É o consumo de energia elétrica [kW].

O custo dos gases utilizados no processo pode ser calculado por meio da seguinte fórmula (Equação 5):

$$C_{gs} = C_{gt} \times G_t + C_{gp} \times G_p \quad (5)$$

Onde:

$C_{gs}$ : É o custo da somatória dos gases utilizados no processo expresso em [dólar/m<sup>3</sup>];

$c_{gt}$ : É o custo unitário do gás primário [dólar/m<sup>3</sup>];

$G_t$ : É o consumo do gás primário [m<sup>3</sup>/h];

$c_{gp}$ : É o custo unitário do gás secundário [dólar/m<sup>3</sup>];

$G_p$ : É o consumo do gás secundário [m<sup>3</sup>/h].

Para o cálculo do custo das peças desgastadas somente utilizadas pelo processo Plasma usa-se a seguinte fórmula (Equação 6):

$$C_c = U_{el} + U_d = c_{el}/D_{el} + c_d/D_d \quad (6)$$

Onde:

$U_{el}$ : É o desgaste do eletrodo, expresso em [dólar/hora];

$U_d$ : É o custo do desgaste do orifício do arco de Plasma [dólar/hora];

$c_{el}$ : É o custo unitário de um eletrodo [dólar/peça];

$D_{el}$ : É o tempo de vida útil de um eletrodo [horas];

$c_d$ : É o custo unitário de um bocal [dólar/peça];

$D_d$ : É o tempo de vida de um bocal [horas].

Para o cálculo do custo das peças desgastadas somente utilizadas pelo processo Laser usa-se a seguinte fórmula (Equação 7):

$$C_c = U_{el} + U_d = c_{el}/D_{el} + c_d/D_d \quad (7)$$

Onde:

$U_{el}$ : É o desgaste da lente, expresso em [dólar/hora];

$U_d$ : É o custo do desgaste do orifício do arco de Laser [dólar/hora];

$c_{el}$ : É o custo unitário de uma lente [dólar/peça];

$D_{el}$ : É o tempo de vida útil de uma lente [horas];

$c_d$ : É o custo unitário de um bico [dólar/peça];

$D_d$ : É o tempo de vida de um bico [horas].

O custo de manutenção pode ser calculado pela seguinte fórmula (Equação 8):

$$C_m = M/T_u \quad (8)$$

Onde:

$M$ : São os custos anuais de manutenção, expressos em [dólar/ano];

$T_u$ : É o tempo de utilização durante o ano [horas/ano].

Os cálculos feitos para saber os custos em geral até agora, podem também ser calculados na seguinte fórmula (Equação 9):

$$C_{Total} = I/P_a \times T_u + C_{ue} \times E + C_{gt} \times G_t + C_{gp} \times G_p + C_{el}/D_{el} + C_d/D_d + M/T_u + C_i \quad (9)$$

O custo da mão-de-obra está vinculado ao funcionamento do equipamento, incluindo o tempo necessário para manipular a matéria prima, peças acabadas e resíduos, e o acompanhamento da máquina enquanto ela funciona. Portanto, o custo do operador inclui desde a quantidade de tempo para processar uma peça, até o tempo utilizado para ajustes.

O custo de manufatura pode ser obtido por meio da seguinte fórmula (Equação 10):

$$C_m = C \times t_m \quad (10)$$

Onde:

$C$ : É o custo de manufatura, expresso em [dólar];

$t_m$ : É o tempo de manufatura [horas].

Já o tempo de manufatura pode ser calculado pela seguinte fórmula (Equação 11):

$$t_m = L/v \text{ [min]} \quad (11)$$

Onde:

$L$ : É o comprimento do corte, expresso em [dólar/metro];

$V$ : É a velocidade de corte [mm/min].

O custo por metro de corte é definido pela seguinte fórmula (Equação 12):

$$C^* = C_{Total}/V \quad (12)$$

Onde:

$C_{Total}$ : É o custo de corte, expresso em [dólar/hora];

$V$ : É a velocidade de corte [mm/min].

Com base em toda a pesquisa e estudo, visualizando desde funcionamento, tipos de maquinário e custos, chega-se a resultados que, em uma larga visão, o corte por plasma é o de menor custo, desde a implantação até no processo em si. Porém como já dito, cada processo com suas peculiaridades, como por exemplo, a maior velocidade do plasma em relação ao laser, o melhor acabamento no processo laser em relação ao plasma, o custo de manutenção do plasma inferior ao laser, e assim por diante, cabe ao interessado analisar os benefícios particulares aqui apresentados e aplicá-los nas equações aqui fornecidas.

## 5 CONCLUSÃO

Com a disposição deste estudo, dificuldades como falta de informações de fácil acesso sobre funcionamento, dados técnicos, custo de consumíveis e maquinários dos processos não convencionais de corte por Plasma e a Laser são minimizados, garantindo prontidão e eficiência nos processos. A realização deste trabalho agrega valor para pessoas que desejam investir nos respectivos procedimentos, e, fazendo o uso deste, passa a orientar-se e ter noções de quanto terá que dispor em recursos financeiros, pois tais investimentos são de altos valores, como apresentado.

Porém, como já citado anteriormente, não é possível apontar qual método é o mais compensatório no geral, pois cada processo possui suas vantagens e desvantagens em relação aos diferentes tipos de chapas a serem cortadas, mas para que seja realizado um estudo de cálculo de custos sistemático e metódico, é necessário que o investidor tenha o conhecimento no tipo de corte requerido, levantando todos os dados necessários. Sendo assim, com tais variáveis em mãos, há a possibilidade de se aplicar os cálculos aqui apresentados para se obter o quanto realmente será gasto nos custos de implantação e utilização dos sistemas de corte por Plasma e a Laser.

De um modo geral, houve a possibilidade de se observar no estudo comparativo as peculiaridades de cada processo aqui analisadas, e como o processo de corte por Plasma é significativamente mais barato que o sistema a laser. Contudo, é necessário um esforço do candidato à implantação do sistema em apontar o que se espera em produzir, tanto em tempo quanto em quantidade e qualidade. A partir das premissas aqui apresentadas, aplicando-as como ferramenta, serão obtidos os reais custos de processo, economizando tempo e possibilitando investimentos certos.

## REFERÊNCIAS

AMADIGI, Alfredo. **Plasma x Laser**. Mensagem recebida por: <henrike.ibt@gmail.com>. em: 30 out. 2015.

ANDRADE, Maria Lucia Amarante, CUNHA, Luiz Maurício da Silva. **BNDES 50 anos - Histórias setoriais: O Setor Siderúrgico**. 2002. Disponível em: <[http://www.bndespar.com.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro\\_setorial/setorial03.pdf](http://www.bndespar.com.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial03.pdf)>. Acesso em: 15 set 2015.

BARTZ, Aline Beatriz. **Processo de corte em máquinas laser**. In: SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR, 1., 2011, Horizontina. Anais... . Horizontina: Fahor, 2011. p. 1 - 12. Disponível em: <[http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011\\_Processo\\_corte\\_maquinas\\_laser.pdf](http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011_Processo_corte_maquinas_laser.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2015.

BAW BRASIL LTDA, **Soluções para processos de corte**. Caxias do Sul, set. 2015.

CASTELAN, Renato. **Henrique / Contrafo**. Mensagem recebida por: <henrike.ibt@gmail.com>. em: 10 nov. 2015.

CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G. N., CAON, Mauro. **Programação e Controle da Produção: MRP II / ERP: conceitos, uso e implantação**. São Paulo: Atlas, 1997.

DE PAULA, Gilles B. **Treasy planejamento e controladoria: Orçamento Empresarial - Um mapa para os resultados de sua empresa**, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.treasy.com.br/blog/orcamento-empresarial>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

ENGINEERING MACHINERY, **Consumíveis**. Representante Hyperterm, 2015.  
HYPERTHERM, **Informações Técnicas**. Representante BAW Brasil Ind e Com Ltda, Caxias do Sul, 2015.

ILII, Sanda-Maria, COTEATÃ, M. Cálculo do custo do corte a plasma permite estimar a lucratividade do processo. **Corte e Conformação de Metais**, Romênia, ano 7, n.73, p.50-61, fev. 2009.

INDUSTRIAHOJE. **O processo de corte a Laser.** 2013. Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/o-processo-de-corte-a-laser>>. Acesso em: 17 mai. 2015.

INDUSTRIAHOJE. **Processo de Corte a Plasma.** 2013. Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/processo-de-corte-a-plasma>>. Acesso em: 17 mai. 2015.

LASER SOS, **Orçamento: 024602, Consumíveis laser.** São Caetano do Sul, out. 2015.

LGV (São Paulo). **Corte a Laser.** 2010. Elaborado por: LGV Corte Laser Metais Indústria e Comercio Ltda. Disponível em: <<http://www.cortejatoagua.com.br/corte-laser>>. Acesso em: 14 mai. 2015.

LINCOLN ELETRONIC. **Welding & cutting Solutions.** Cleveland: Lincoln Global, jan. 2015.

PRIMA POWER, **Proposta Técnica,** São Paulo, jul.2015.

RICHARDSON ELETRONICS CONSUMÍVEIS, **Consumíveis.** Representante TRUMPF® e Bystronic®, 2015.

TELECURSO 2000. **Corte com laser.** Aula 62.


URTADO, Edson. Método avalia viabilidade do investimento em um equipamento de corte. **Corte e Conformação de Metais,** São Paulo, ano 7, n.80, p.24-35, out. 2011.



**ANEXOS**

ANEXO A – Cotação dos Consumíveis de Laser e Plasma.....	41
ANEXO B – Cotação dos Consumíveis de Laser e Plasma (Continuação).....	42
ANEXO C – Tabela de Chanfro Admissível Segundo Norma ISO 9013.....	43
ANEXO D – Relação Espessura de Chapa X Velocidade de Corte para Plasma.....	44
ANEXO E – Relação Espessura de Chapa X Velocidade de Corte Para Laser.....	45

## ANEXO A – Cotação dos Consumíveis de Laser e Plasma

		<b>SOS LASER</b>		Pagina :1	
<b>COMÉRCIO DE ACESS. PARA MÁQUINAS</b> Rua: Pinheiro Machado, 280 , São Caetano do Sul- SP; Cep:09541-180 Telefone : 4229-3957					
<b>Orçamento : 024602</b>		<b>Entrada : 30/10/2015</b>		<b>Forma de pag. : 28 dias</b>	
<b>R.Social :</b> Amadigi Maquinas e Equip. Ltda EPP		<b>Contato :</b> Luciano			
<b>Endereço :</b> Rua Major Theolindo Ferreira Ribas, 2553		<b>I.Est.:</b> 90568919-32			
<b>Bairro :</b> Boqueirao		<b>Cidade :</b> Curitiba		<b>CNPJ :</b> 00.187.496/0001-54	
<b>Estado :</b> PR		<b>Telefone:</b> (041)3332-4373		<b>Fax :</b>	
<b>C.E.P. :</b> 81670-110					
<b>Observações :</b> <b>*** VALIDADE DESTA PROPOSTA 2 DIAS ***</b> IPI: 0% Entrega:imediata- salvo venda prévia Frete: FOB- indicar transportadora (em caso de sedex atentar a informação abaixo sobre seguro) >>>Preço com base no dólar R\$3,84 e Euro R\$4,23 em 30/10/2015 podendo sofrer reajuste de acordo com as variações dessas moedas caso ultrapasse 3% para mais ou para menos na data do faturamento da Nota Fiscal.<<< >>>Empresa Optante pelo Simples Paulista >>>Faturamento mínimo R\$400,00. <<< >>> O transporte é de inteira responsabilidade do destinatário, favor indicar transportadora em vosso pedido de compra, não nos responsabilizamos por mercadorias extraviadas. Em caso de optar por envio Sedex, sugerimos que seja destacado o seguro da carga, acrescentar o valor de 1,5% da nota fiscal.<<< >>>Cobranças através de boleto bancário, atrasos no pagamento acarretam juros.<<< >>>Esse orçamento não garante reserva de produto.<<< >>>Para lentes e espelhos, caso houver necessidade em outra marca que não seja Ophir Optics, informar no momento do orçamento, pois a SOS LASER não efetua troca de peças caso o cliente queira trocar por outra marca.<<<					
<b>Quant.</b>	<b>UN.</b>	<b>Descrição do material</b>	<b>Valor</b>	<b>Desconto</b>	<b>Valor total</b>
1	UN	(60616U) Lente (Lens ZnSe Menisc FL=7.5" D=1.5"	2.201,86	0,00	2.201,86
1	UN	(631079117U) Lente 4-07475 (Lens ZnSe Menisc FL=5"	2.201,86	0,00	2.201,86
1	Un	(AL125) Ceramica 4-01642 (ceramic insulating ring)	66,38	0,00	66,38
1	Un	(AL126) Ceramica 4-09010 (ceramic insulating ring)	66,38	0,00	66,38
1	Un	(AL230) Ceramica Conica 4-01959 new version	138,88	0,00	138,88
1	Un	(L123) Bico Hk20 - 3-01914 1000000103288	9,15	0,00	9,15
1	Un	(L604) Bico Nk20-15 3-14318 1000000103291	16,49	0,00	16,49
<b>Qtde Total: 7</b>			<b>TOTAL DO MATERIAL :</b>		<b>R\$ 4.701,00</b>
<b>Garantia :</b>			<b>TOTAL A PAGAR :</b>		<b>R\$ 4.701,00</b>
<b>Funcionário :</b>					

Fonte: Amadigi Representações, 2015.

Continua

## ANEXO B – Cotação dos Consumíveis de Laser e Plasma (Continuação)

Descrição do Item	MAP	Desconto
220747 - CAPA RETENCAO HPR XD EXT 30A-130A MS/SS/AL	R\$ 445,55	R\$ 338,85
220637 - CAPA RETENCAO HPR XD EXT 80A-800A MS/SS/AL CH	R\$ 445,55	R\$ 338,85
220194 - BOCAL HPRXD 30A MS	R\$ 75,86	R\$ 57,69
220555 - BOCAL HPRXD 50A MS	R\$ 75,86	R\$ 57,69
220189 - BOCAL HPRXD 80A MS	R\$ 75,86	R\$ 57,69
220183 - BOCAL HPRXD 130A MS	R\$ 75,86	R\$ 57,69
220761 - BOCAL HPRXD 200A MS	R\$ 87,54	R\$ 66,58
220764 - BOCAL HPRXD 260A MS	R\$ 87,54	R\$ 66,58
220754 - CAPA RETENCAO HPR XD INT 30A-50A MS	R\$ 916,75	R\$ 697,21
220756 - CAPA RETENCAO HPR XD INT 45A-130A MS/AL	R\$ 916,75	R\$ 697,21
220757 - CAPA RETENCAO HPR XD INT 200A MS	R\$ 916,75	R\$ 697,21
220760 - CAPA RETENCAO HPR XD INT 260A MS	R\$ 916,75	R\$ 697,21
220193 - BICO HPRXD 30A MS	R\$ 108,30	R\$ 82,37
220554 - BICO HPRXD 50A MS	R\$ 112,10	R\$ 85,26
220188 - BICO HPRXD 80A MS	R\$ 112,10	R\$ 85,26
220182 - BICO HPRXD 130A MS	R\$ 112,10	R\$ 85,26
220354 - BICO HPRXD 200A MS	R\$ 112,10	R\$ 85,26
220439 - BICO HPRXD 260A MS	R\$ 112,10	R\$ 85,26
220436 - DIFUSOR GAS HPRXD 260A MS	R\$ 112,10	R\$ 85,26
220353 - DIFUSOR GAS HPRXD 200A MS	R\$ 128,25	R\$ 97,54
220179 - DIFUSOR GAS HPRXD 80A130A MS/SS/AL	R\$ 128,25	R\$ 97,54
220553 - DIFUSOR GAS HPRXD 50A MS	R\$ 128,25	R\$ 97,54
220180 - DIFUSOR GAS HPRXD 30A45A MS/SS/AL	R\$ 128,25	R\$ 97,54
220340 - TUBO DAGUA HPRXD 30A- 260A MS/SS/AL	R\$ 130,15	R\$ 98,98
220665 - ELETRODO HPRXD 130A MS SP	R\$ 94,91	R\$ 72,18
220192 - ELETRODO HPRXD 30A MS	R\$ 83,17	R\$ 63,25
220552 - ELETRODO HPRXD 50A MS	R\$ 83,17	R\$ 63,25
220187 - ELETRODO HPRXD 80A MS	R\$ 83,17	R\$ 63,25
220181 - ELETRODO HPRXD 130A MS	R\$ 83,17	R\$ 63,25
220435 - ELETRODO HPRXD 260A MS	R\$ 94,91	R\$ 72,18
220352 - ELETRODO HPRXD 200A MS	R\$ 94,91	R\$ 72,18

Fonte: Amadigi Representações, 2015.

## ANEXO C – Tabela de Chanfro Admissível Segundo Norma ISO 9013

Esp. Mm	2		3		4		5	
	Grau	Desvio	Grau	Desvio	Grau	Desvio	Grau	Desvio
1	8.92	0.1570	22.29	0.4100	39.35	0.8200	51	1.2350
2	4.69	0.1640	11.86	0.4200	22.78	0.8400	32.42	1.2700
3	3.26	0.1710	8.16	0.4300	16	0.8600	23.51	1.3050
4	2.55	0.1780	6.28	0.4400	12.41	0.8800	18.52	1.3400
5	2.12	0.1850	5.14	0.4500	10.2	0.9000	15.38	1.3750
6	1.83	0.1920	4.38	0.4600	8.72	0.9200	13.22	1.4100
7	1.63	0.1990	3.84	0.4700	7.65	0.9400	11.66	1.4450
8	1.48	0.2060	3.43	0.4800	6.84	0.9600	10.48	1.4800
9	1.36	0.2130	3.12	0.4900	6.21	0.9800	9.56	1.5150
10	1.26	0.2200	2.86	0.5000	5.71	1.0000	8.81	1.5500
11	1.18	0.2270	2.65	0.5100	5.3	1.0200	8.2	1.5850
12	1.12	0.2340	2.48	0.5200	4.95	1.0400	7.69	1.6200
13	1.06	0.2410	2.33	0.5300	4.66	1.0600	7.26	1.6550
14	1.01	0.2480	2.21	0.5400	4.41	1.0800	6.88	1.6900
15	0.97	0.2550	2.1	0.5500	4.19	1.1000	6.56	1.7250
16	0.94	0.2620	2	0.5600	4	1.1200	6.28	1.7600
17	0.91	0.2690	1.92	0.5700	3.84	1.1400	6.03	1.7950
18	0.88	0.2760	1.85	0.5800	3.69	1.1600	5.81	1.8300
19	0.85	0.2830	1.78	0.5900	3.55	1.1800	5.61	1.8650
20	0.83	0.2900	1.72	0.6000	3.43	1.2000	5.43	1.9000
21	0.81	0.2970	1.66	0.6100	3.32	1.2200	5.26	1.9350
22	0.79	0.3040	1.61	0.6200	3.23	1.2400	5.12	1.9700
23	0.77	0.3110	1.57	0.6300	3.14	1.2600	4.98	2.0050
24	0.76	0.3180	1.53	0.6400	3.05	1.2800	4.86	2.0400
25	0.74	0.3250	1.49	0.6500	2.98	1.3000	4.74	2.0750
26	0.73	0.3320	1.45	0.6600	2.91	1.3200	4.64	2.1100
27	0.72	0.3390	1.42	0.6700	2.84	1.3400	4.54	2.1450
28	0.71	0.3460	1.39	0.6800	2.78	1.3600	4.45	2.1800
29	0.7	0.3530	1.36	0.6900	2.72	1.3800	4.37	2.2150
30	0.69	0.3600	1.34	0.7000	2.67	1.4000	4.29	2.2500
31	0.68	0.3670	1.31	0.7100	2.62	1.4200	4.22	2.2850
32	0.67	0.3740	1.29	0.7200	2.58	1.4400	4.15	2.3200
33	0.66	0.3810	1.27	0.7300	2.53	1.4600	4.08	2.3550
34	0.65	0.3880	1.25	0.7400	2.49	1.4800	4.02	2.3900
35	0.65	0.3950	1.23	0.7500	2.45	1.5000	3.96	2.4250
36	0.64	0.4020	1.21	0.7600	2.42	1.5200	3.91	2.4600
37	0.63	0.4090	1.19	0.7700	2.38	1.5400	3.86	2.4950
38	0.63	0.4160	1.18	0.7800	2.35	1.5600	3.81	2.5300
39	0.62	0.4230	1.16	0.7900	2.32	1.5800	3.76	2.5650
40	0.62	0.4300	1.15	0.8000	2.29	1.6000	3.72	2.6000
41	0.61	0.4370	1.13	0.8100	2.26	1.6200	3.68	2.6350
42	0.61	0.4440	1.12	0.8200	2.24	1.6400	3.64	2.6700
43	0.6	0.4510	1.11	0.8300	2.21	1.6600	3.6	2.7050
44	0.6	0.4580	1.09	0.8400	2.19	1.6800	3.56	2.7400
45	0.59	0.4650	1.08	0.8500	2.16	1.7000	3.53	2.7750
46	0.59	0.4720	1.07	0.8600	2.14	1.7200	3.5	2.8100
47	0.58	0.4790	1.06	0.8700	2.12	1.7400	3.46	2.8450
48	0.58	0.4860	1.05	0.8800	2.1	1.7600	3.43	2.8800
49	0.58	0.4930	1.04	0.8900	2.08	1.7800	3.4	2.9150
50	0.57	0.5000	1.03	0.9000	2.06	1.8000	3.38	2.9500
51	0.57	0.5070	1.02	0.9100	2.04	1.8200	3.35	2.9850
52	0.57	0.5140	1.01	0.9200	2.03	1.8400	3.32	3.0200
53	0.56	0.5210	1.01	0.9300	2.01	1.8600	3.3	3.0550
54	0.56	0.5280	1	0.9400	1.99	1.8800	3.28	3.0900
55	0.56	0.5350	0.99	0.9500	1.98	1.9000	3.25	3.1250

Fonte: BAW BRASIL LTDA, 2015.

## ANEXO D – Relação Espessura de Chapa X Velocidade de Corte para Plasma

Material	Espessura (mm)	Corrente (Ampères)	Velocidade de Corte (mm/min)
Aço Carbono	0,5	25	10540
	1,5	40	5600
	3,0	60	5400
	6,0	80	2700
	12,0	100	1500
	19,0	100	660
	25,0	100	460
Aço Inoxidável	0,5	25	10400
	1,5	40	6200
	3,0	60	4500
	6,0	80	2600
	12,0	100	1320
	19,0	100	640
	25,0	100	390

Fonte: Adaptado Hypertherm, 2015.

## ANEXO E – Relação Espessura de Chapa X Velocidade de Corte Para Laser

ESPESSURA (mm)	Potência do Raio do Laser (Watt)	Potência Consumida da Máquina (Kw)	Velocidade de Corte máx. (m/min)
1	1.000	36,5	8,5
1,5	1.000	36,5	7,4
2	1.250	37,3	63,2
2,5	1.250	37,3	5,4
3	1.500	38,2	4,6

Fonte: FAHOR, Processo de Corte em Máquinas Laser, 2011.