

# Desenvolvimento de uma máquina de corte a Laser pulsado <sup>(1)</sup>.

Henrique Ghizoni <sup>(2)</sup>; Claudio Abilio da Silveira <sup>(3)</sup>; Milton Pereira <sup>(4)</sup>.

## Resumo Expandido

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Edital Universal de Pesquisa nº 12/2012/PRPPGI, da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação.

<sup>(2)</sup> Graduando em Engenharia Mecatrônica; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; henriqueghizo@gmail.com; <sup>(3)</sup> Mestrando Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica; Universidade Federal de Santa Catarina; <sup>(4)</sup> Professor; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

**RESUMO:** O avanço tecnológico dos sistemas a laser permite a aplicação de novos equipamentos para realização de processos produtivos importantes como o corte de materiais. No entanto, o uso de laser pulsado nesse processo exige adequação dos sistemas de movimentação ao desempenho da fonte energética. Para fornecer informações ao projeto, diversas informações são coletadas acerca do processo, tecnologias e tendências, como a utilização de motores lineares. Este tipo de motor apresenta vantagens, pois dispensa a utilização de componentes de sistemas de posicionamento convencionais, gerando um melhor aproveitamento do espaço físico. O uso de sistemas computadorizados facilita também a identificação de futuros problemas de funcionamento. Além destes, outros fatores agregados resultam num futuro promissor ao desenvolvimento de máquinas a laser com a competitividade que o mercado exige. Este artigo descreve o desenvolvimento das fases iniciais do processo de projeto de uma máquina de corte a laser pulsado.

**Palavra Chave:** Laser fibra; automação; movimentação.

## INTRODUÇÃO

O crescimento tecnológico e a busca por maior competitividade no mercado impulsionam o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de serem aplicadas em processos já utilizados na indústria para obtenção de maior eficiência e produtividade. Nesse contexto a aplicação de Laser do tipo fibra com acionamento pulsado tem caráter inovador pelas possibilidades que podem ser atingidas em termos de capacidade e velocidade de processos, como por exemplo, o corte de materiais diversos.

Apesar das vantagens aparentes, muitas informações que possam descrever certas características ainda necessitam de uma coleta apurada para o entendimento da dinâmica por traz do processo de corte, além disso, o comportamento esperado de uma fonte laser pulsado quando aplicada em conjunto com os sistemas de movimentação disponíveis atualmente não está totalmente estabelecido.

Desta forma, o desenvolvimento de uma máquina de corte baseada em um cabeçote de laser fibra pulsado de alta frequência apresenta diversas barreiras tecnológicas a serem vencidas para que a qualidade de sua aplicação seja garantida, envolvendo um correto dimensionamento das partes móveis e acionamentos, bem como um controle apropriado dos subsistemas envolvidos.

Além das barreiras tecnológicas, os quesitos econômicos apresentam papel importante sobre o desenvolvimento e aplicação de projetos, sobretudo pela presença do Laser pulsado, que se apresenta como um componente de custo elevado em função da parcela financeira envolvida com sua aquisição.

Esse trabalho oferece um compilado de informações técnicas necessárias para introduzir o desenvolvimento de uma máquina com características capazes de extrair as vantagens na utilização de laser pulsado voltado para o corte de materiais, sobretudo os metálicos.

## METODOLOGIA

O projeto segue a metodologia descrita como Projeto Integrado de Produtos (PRODIP) proposto por Back (2008), onde se seguem etapas distintas de desenvolvimento. Estas etapas são baseadas em fluxo de informações, materiais e conhecimento para se desenvolver um produto com características e funcionalidades que atendam às especificações do projeto. As etapas propostas por este modelo são: projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado.

A etapa inicial de levantamento de informações acerca da capacidade operacional do sistema, seus requisitos, especificações e limitações que devem ser consideradas durante as fases de projeto é chamada de projeto informacional. Nesta etapa são coletadas informações importantes sobre o estado da arte em domínio mundial acerca de projetos destinados a máquinas que envolvem dinâmicas muito elevadas de funcionamento.

Uma das características da fase informacional é o conhecimento do problema proposto para que seja possível compreender os aspectos que limitarão o escopo, tempo e qualidade do resultado que se busca alcançar (Amaral et al., 2006). As ferramentas que possibilitam visualizar os potenciais

clientes incluem a definição do ciclo de vida do produto, estabelecendo os participantes nas etapas de projeto, fabricação, montagem, vendas, consumo, assistência técnica e descarte ou reciclagem.

A partir destes dados é iniciada uma etapa de projeto conceitual do sistema para atender a maior faixa possível de aplicações no corte de diversos materiais, onde são coletados os princípios de solução e a definição dos principais componentes da máquina.

Definido o conceito, estudos se realizam para confirmar a viabilidade técnica do sistema proposto. O resultado é um modelo definido do produto. Estas informações conduzem o projeto à etapa de projeto preliminar, onde são realizadas simulações de condições críticas de funcionamento e esforços para modelar a máquina, buscando encontrar soluções ótimas de projeto que serão totalmente detalhadas posteriormente na etapa de projeto detalhado.

Ao final dessas etapas o projeto detalhado revisa e aperfeiçoa o desenvolvimento para possibilitar uma proposta de construção de um protótipo funcional mais dedicado que passará por vários estágios de testes e validações para permitir que o conceito final do produto seja definido e se possibilite iniciar as ações de construção e comercialização do novo produto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento das informações que permitem definir as especificações iniciais de projeto se baseia na análise inicial das soluções de mercado oferecidas por fabricantes que atuam nos processos de corte, em recomendações dos fabricantes de fontes Laser e também nos requisitos desejáveis por potenciais clientes da máquina de corte.

Na fase informacional é necessária a realização de uma pesquisa para identificar a tendência de mercado. A viabilidade econômica da automação do processo de corte está refletida nas vendas de sistemas de Laser, onde o processamento de metal redeu ao setor 1,358 bilhões de dólares em 2011, com projeção de crescimento para o ano seguinte (BELFORTE, 2011). Como boa parte da aplicação de Laser está concentrada no processamento de metal, onde se inclui o corte, o desenvolvimento do setor assegura uma estabilidade no mercado mundial, e também possibilita a existência de uma demanda crescente no emprego dessa tecnologia.

Os dados mostrados anteriores não levam em conta qualquer automação de sistemas associados com estas unidades, que normalmente são vendidos com acessórios de manuseio de materiais. Estima-se que cerca de 25% de todos os sistemas Laser vendidos possuem esses acessórios incluídos, somando ao o preço de venda, em média, pelo menos 155.000 dólares, o que eleva o total das receitas para processamento do material para mais de US \$ 3,2 bilhões (BELFORTE, 2011).

Na fase conceitual, o desenvolvimento

empregado para solucionar o problema de engenharia que constitui o projeto é baseado no conhecimento do sistema técnico que está sendo abordado. Esse sistema técnico é um conjunto de vários elementos que juntos formam uma estrutura complexa voltada ao cumprimento de um propósito ou realização de uma determinada tarefa.

O funcionamento de um sistema técnico pode ser expresso por uma função global ou total, que descreve de modo superficial, porém simples o tipo de ação que é realizado ao longo do processo. Em algumas literaturas os sistemas técnicos são denominados de sistemas de transformação de estado, pois geralmente ocorrem mudanças nas características das energias, materiais e informações que são utilizados ao longo do processo.

A função global do sistema presente no centro da figura 1 é uma declaração condensada e abstrata do problema, embora ela não indique diretamente quais as soluções são necessárias, será o ponto inicial para formulação do restante do sistema que constitui a máquina de corte a Laser.

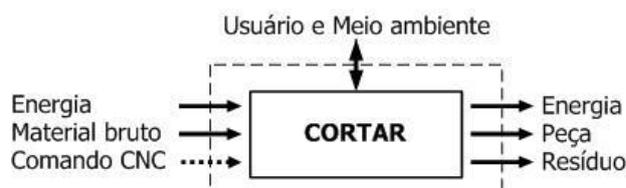


Figura 1 - Função global do sistema.

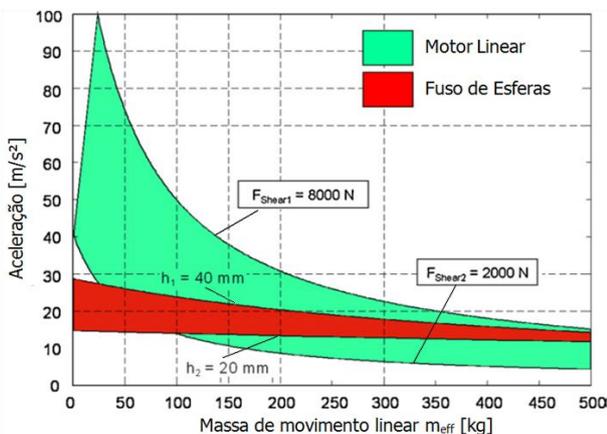
Na esquerda da função global está o campo com as entradas do sistema, que são os tipos de energia, materiais e informações que iniciam o processo e que estão sujeitas a transformações a partir do momento que forem inseridas no interior dos limites da função, que são representados graficamente pela linha tracejada em torno do quadro central. O uso dessa linha é justamente para evidenciar que a função global está contida nesses limites, e que eles são sua fronteira com outros sistemas técnicos.

Também são consideradas fronteiras da função global a interface com o usuário e com o meio ambiente, que realiza as etapas de transmitir as informações do processo e aguardar as ações que o sistema deve executar. A saída, que compreende os itens localizados a direita da figura, são os resultados obtidos ao fim do processo realizado pela função global, incluindo desde o produto final até os rejeitos oriundos das transformações ocorridas ao longo do fluxo do processo de corte.

O desenvolvimento conceitual do projeto também aborda as possíveis soluções que podem ser aplicadas. Um fator encontrado na pesquisa dos sistemas de movimentação para corte a Laser mostra uma divisão entre tecnologias aplicadas no projeto de máquinas: o uso de sistemas de transmissão "tradicionais" e o uso de motores lineares.

Os motores lineares são dispositivos eletromecânicos que, como nos motores elétricos rotativos, transformam a energia elétrica em energia mecânica, no entanto sua construção física diferenciada possibilita eliminar uma série de componentes presentes em sistemas posicionadores tradicionais. O motor linear se incorpora à própria estrutura que suporta as partes móveis do sistema, pois possui suas próprias guias e elimina de uma única vez a necessidade de reduções e elementos de transmissão (fuso, cremalheira, correia).

A eliminação de componentes do sistema e a atuação direta sobre as partes móveis levam à obtenção de características favoráveis como a redução da inércia, que possibilita atingir acelerações altas em comparação com outros sistemas. A relação entre a aceleração e massa movimentada para motores lineares com duas faixas de força máximas ( $F_{shear1} = 8000\text{N}$  e  $F_{shear2} = 2000\text{N}$ ) e unidades com fuso de esferas com passo de 40 e 20 mm ( $h_1$  e  $h_2$  respectivamente) mostrada na figura 2 permite concluir que o motor linear pode chegar a altas acelerações quando as cargas são leves, enquanto que as unidades de fuso de esfera podem manter sua capacidade de aceleração para uma maior variação de carga (ALTINTAS et al., 2011).



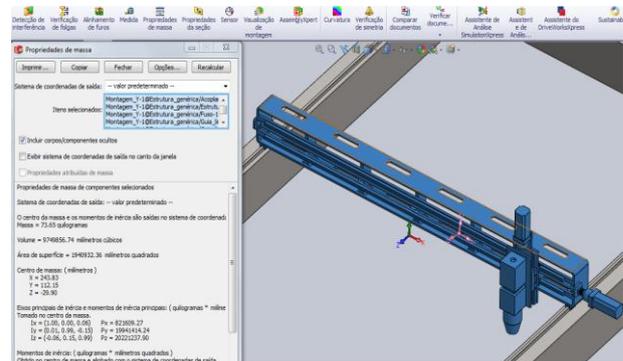
**Figura 2 - Capacidade de aceleração de motores lineares e unidades com fusos de esfera. Adaptado de (ALTINTAS et al., 2011).**

Apesar das vantagens oferecidas pelos motores lineares com relação à dinâmica oferecida para sistemas de posicionamento, alguns aspectos como disponibilidade e custo de aquisição ainda tornam sua aplicação proibitiva na maioria dos projetos.

Na fase preliminar do projeto, o uso de ferramentas computacionais apresenta importância crucial ao permitir um auxílio na identificação de fatores que, sem elas somente poderiam ser observados em um modelo físico real ou por uma série de processos de modelagem teórica mais aprofundada e dispendiosa.

Como exemplo de aplicação se tem a obtenção das propriedades de massa em uma estrutura mecânica obtida após a fase conceitual,

mostrada na figura 3, com auxílio de um software de Projeto Assistido por computador (CAD - Computer Aided Design). O software permite rapidamente identificar a massa do conjunto mecânico e as distribuições inerciais que servem como variáveis de entrada para dimensionamento dos acionamentos mecânicos e elétricos.



**Figura 3 - Avaliação das propriedades de massa da estrutura.**

A fase detalhada do projeto tem como proposta a construção de um protótipo funcional para validar as fases anteriores de projeto e analisar o comportamento dinâmico do sistema levantado com auxílio computacional. Embora o protótipo funcional apresente um custo de aquisição elevado, a possibilidade de realizar testes efetivos antes da produção final do projeto assegura uma menor taxa de falhas e imprevistos que apresentados na concepção final da máquina.

O desenvolvimento da máquina de corte a Laser se encontra numa fase de projeto preliminar. Em virtude da complexidade de integração dos princípios de solução, a continuidade do projeto exige atenção com diversos fatores, sendo necessária uma pesquisa mais extensa antes da construção de um protótipo funcional.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento de uma máquina de corte com Laser pulsado exige o conhecimento de tecnologias em diversas áreas de conhecimento, sendo, portanto uma tarefa de complexidade considerável dependendo das características e requisitos do sistema. O escopo do projeto também tem influência sobre os esforços necessários para elaboração da solução, que em muitos casos exige uma equipe multidisciplinar para sua execução.

Essa complexidade é observada nos processos iniciais de seleção dos princípios de solução, onde a variedade de especificações dos componentes exige o levantamento e triagem das informações que realmente são importantes para o projeto. Em muitos casos as nomenclaturas adotadas por diferentes fabricantes prejudicam as análises comparativas entre as soluções pela falta de semelhança nos termos empregados, porém a iniciativa de algumas corporações em criarem seus próprios quesitos de classificação contribui para o desenvolvimento novos métodos para dimensionamento e seleção dos componentes.

A contribuição principal do projeto é agregar conhecimento técnico para promover uma visão mais detalhada de uma máquina por meio da comparação das características de diversos componentes que auxiliem o projeto de sistema com funcionalidade e dinâmica competitiva.

A oportunidade de poder visualizar o projeto de um equipamento desta complexidade como um todo traz um conhecimento essencial para a formação de cada membro da equipe.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a oportunidade oferecida pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, com o fornecimento da bolsa e demais recursos, e agradecem também ao Laboratório de Mecânica de Precisão da UFSC, por compartilhar este desenvolvimento e possibilitar o envolvimento dos bolsistas deste projeto nas linhas de pesquisa em andamento no laboratório, e também agradecem as contribuições dos demais colaboradores do projeto.

### **REFERÊNCIAS**

ALTINTAS, Y. et al. **Machine tool feed drives**. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 60, n. 2, p. 779-796, jan. 2011.

AMARAL, D. C. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

BACK, Nelson; Et al. **Projeto Integrado de Produtos. Planejamento, Concepção e Modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

BELFORTE, DAVID A. **2011 Annual Economic Review and Forecast. Industrial Laser Solutions For Manufacturing**. Disponível em: <<http://www.industrial-lasers.com/articles/print/volume-27/issue-1/features/2011-annual-economic-review-and-forecast.html>>. Acesso em 2 de out. 2011.