



Ringo Ottmar Richter

**PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA DE ELEVAÇÃO E
TRANSPORTE**

Horizontina

2012

Ringo Ottmar Richter

**PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA DE ELEVAÇÃO E
TRANSPORTE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Valmir Vilson Beck, Esp.

Horizontina

2012

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Projeto conceitual de um sistema de elevação e transporte”

Elaborada por:

Ringo Ottmar Richter

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 07/12/2012
Pela Comissão Examinadora**

**Profº Valmir Vilson Beck – Esp.
Presidente da Comissão Examinadora – Valmir Vilson Beck**

**Profº Ricardo Ferreira Severo – Me.
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Profº Richard Thomas Lermen – Dr.
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2012**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho para minha família, meus pais Romario e Lecí, minhas irmãs Marione e Lauria, minha esposa Daniela que sempre estiveram, ao meu lado, apoiando e me auxiliando em todo o período acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos, que de uma forma ou outra contribuíram ou se fizeram presentes nesta caminhada por todo período acadêmico.

Aos profissionais da FAHOR por toda a estrutura e aos conhecimentos repassados durante este curso.

Aos amigos e colegas que juntamente realizamos estudos, trabalhos e pelo convívio durante toda esta caminhada.

“Há três métodos para ganhar sabedoria: Primeiro, por reflexão, que é o mais nobre. Segundo, por imitação, que é o mais fácil. E terceiro, por experiência, que é o mais amargo”.

Confúcio

RESUMO

Definiu-se como objetivo o desenvolvimento da concepção de um equipamento capaz de possibilitar a descarga das chapas cortadas nos centros de corte a *LASER* em estudo, de forma ergonômica e que traga agilidade ao processo. Utilizada uma metodologia de projeto de produto, tratando-se do modelo de fases que a cada etapa concluída, ressalta a concepção do produto, alimenta a fase seguinte e melhora o entendimento da fase anterior. Assim, utilizada a metodologia e as ferramentas propostas, desde a avaliação inicial do ciclo de vida do produto, obtenção das necessidades e transformação em requisitos dos clientes, aplicação do diagrama de Mudge e da casa da qualidade (QFD), até a elaboração da modelagem da concepção do equipamento proposto, buscando sempre atender as necessidades/requisitos dos clientes sem que houvesse intervenção do autor, com intuito de entregar a melhor concepção da solução para o problema analisado. Assim, foi desenvolvida uma concepção de um equipamento de elevação que possibilitará o descarregamento das peças e da sucata na própria máquina de corte, apresentando uma concepção final do equipamento que atenda a todos os requisitos solicitados, como segurança e ergonomia na operação.

Palavras-chaves:

Corte *LASER* - Projeto conceitual – Equipamento de elevação e transporte

ABSTRACT

Was defined as the development goal of designing equipment capable of enabling the downloading of plates cut in cutting centers in the *LASER* study, ergonomically and bring agility to the process. A methodology for product design, in the case of the phase model that completes each step, emphasizes product design, feeds the next stage and improves the understanding of the previous phase. Thus, the methodology used and the proposed tools, from initial assessment of the life cycle of the product, obtaining and processing needs in customers' requirements, application diagram Mudge and the house of quality (QFD) to the development of modeling the design of the equipment, always seeking to meet the needs / requirements of customers without any intervention of the author, with intent to deliver the best design solution for the problem analyzed. Thus, we developed a design for a lifting equipment that will allow the unloading of parts and scrap cutting machine in itself, presenting a final design of equipment that meets all the requirements requested as safety and ergonomics in the operation.

Keywords:

LASER Cutting - Conceptual project - Lifting equipment and transport

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento atual de descarga das chapas corta das na <i>LASER</i>	13
Figura 2 - Peças cortadas aguardando operação de separação.	13
Figura 3 - Sistema de carga de chapas metálicas <i>Bycell</i>	17
Figura 4 - Sistema de carga de chapas metálicas <i>Byloader</i>	18
Figura 5 - Sistema automatizado <i>Bytrans</i>	18
Figura 6 - Etapas do modelo de fases.	22
Figura 7 - Etapas da fase de Projeto Informacional.	23
Figura 8 - Etapas da fase de Projeto Conceitual.	27
Figura 9 - Técnicas para seleção de variantes de solução.	29
Figura 10 - Diagrama de Mudge.	35
Figura 11 - Aplicação do QFD.	36
Figura 12 - Função global do produto.	40
Figura 13 - Desdobramento da função global em subfunções.	40
Figura 14 - Princípios de soluções para cada sistema do produto.	41
Figura 15 - Concepções estabelecidas pelas combinações de funções.	42
Figura 16 - Movimentação a ser realizada pelo equipamento.	45
Figura 17 - Vista lateral do equipamento.	46
Figura 18 - Vista frontal do equipamento.	46
Figura 19 - Vista isométrica do equipamento.	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos para levantar os princípios de solução.	28
Quadro 2 - Fases do ciclo de vida do produto.	31
Quadro 3 - Clientes ao longo do ciclo de vida do produto.	31
Quadro 4 - Requisitos dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto.	33
Quadro 5 - Atributos gerais e atributos específicos.	34
Quadro 6 - Classificação dos requisitos por importância.	35
Quadro 7 - Especificações de projeto de maior importância.	37
Quadro 8 - Especificações de projeto de menor importância.	38
Quadro 9 - Julgamento de viabilidade das concepções.	42
Quadro 10 - Método de seleção passa/não -passa.	43
Quadro 11 - Método da matriz de avaliação para a seleção da melhor concepção.	43
Quadro 12 - Principais componentes e suas características.	47
Quadro 13 - Orçamento estimado do equipamento.	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 <i>LASER</i>	15
2.2 APLICAÇÕES DO <i>LASER</i>	15
2.3 CORTE A <i>LASER</i>	15
2.4 CARGA E DESCARGA DE CHAPAS METÁLICAS EM CENTROS DE CORTE A <i>LASER</i>	16
2.5 SISTEMAS DE ELEVAÇÃO DE CARGAS.....	18
2.6 SISTEMAS DE SEGURANÇA PARA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS.....	19
2.7 PROJETO DE PRODUTO	21
2.8 PROJETO INFORMACIONAL	22
2.8.1 PESQUISA DE INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	24
2.8.2 IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES.....	24
2.8.3 ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES	24
2.8.4 ESTABELECEER OS REQUISITOS DE PROJETO	25
2.8.5 HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO	25
2.8.6 ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	26
2.9 PROJETO CONCEITUAL	26
2.9.1 VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA	28
2.9.2 ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL.....	28
2.9.3 PESQUISA POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	28
2.9.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	29
2.9.5 SELECIONAR COMBINAÇÕES	29
2.9.6 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	29
2.9.7 AVALIAR CONCEPÇÕES.....	30
3 METODOLOGIA	31
3.1 PROJETO INFORMACIONAL	31
3.1.1 NECESSIDADES DOS CLIENTES DO PROJETO	31
3.1.2 DESDOBRAMENTO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS DOS CLIENTES	33
3.1.3 ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO	33
3.1.4 HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS DO PROJETO	34
3.1.5 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	37
3.2 PROJETO CONCEITUAL	38
3.2.1 ESCOPO DO PROBLEMA	38
3.2.2 ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL.....	40
3.2.3 PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	41
3.2.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÕES	41
3.2.5 SELECIONAR COMBINAÇÕES	42
3.2.6 AVALIAR CONCEPÇÕES.....	43
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
5 CONCLUSÕES	49
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE OBTENÇÃO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES	52
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA A ANÁLISE DO MÉTODO PASSA/NÃO-PASSA.....	53

1 INTRODUÇÃO

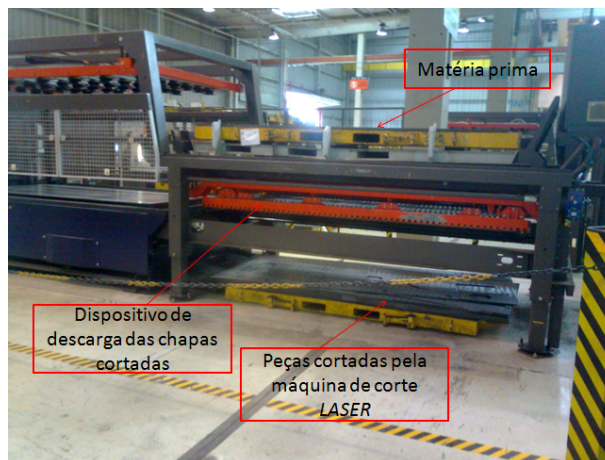
Com o rápido desenvolvimento tecnológico e o aumento da competitividade entre as empresas, a busca por novas e melhorias tecnológicas que possibilitem aumentar níveis de produtividade e qualidade de produtos e serviços é uma necessidade constante para a conquista e manutenção de clientes. Incluem-se no grupo de equipamentos de alta tecnologia, os centros de corte a *LASER*, que proporcionam elevados níveis de produção e qualidade.

Agilidade, precisão e segurança na elevação e no transporte de cargas são fundamentais para o bom desenvolvimento de atividades industriais. Atualmente, a maioria das atividades de elevação e transporte industrial são realizadas com o auxílio de máquinas e dispositivos universais e/ou com equipamentos projetados e fabricados especialmente para atenderem a cada situação, considerando as particularidades de cada caso. Considerando a importância destas atividades para a indústria, este trabalho tem como finalidade o estudo e o desenvolvimento de uma solução de carga e transporte para o processo de descarga de chapas e separação de peças processadas nos centros de corte a *LASER* de uma determinada indústria do setor metal mecânico.

O processo de corte a *LASER* é amplamente utilizado na indústria em geral, sendo competitivo por ser um processo rápido e que garante qualidade à produção. Uma das etapas do processo de corte a *LASER* realizado na indústria considerada neste trabalho é a separação das peças da sucata após serem cortadas. Atualmente o processo de corte a *LASER* do estudo em questão está definido da seguinte maneira:

- Conforme plano de produção, o operador do centro de corte a *LASER* solicita o material necessário para a produção das peças e a máquina é abastecida. Nela é colocada uma embalagem vazia, que servirá para armazenar de forma empilhada, as chapas cortadas. O operador efetua as regulagens da máquina e executa todo o plano de produção. O processo de descarga das chapas cortadas é executado de maneira automatizada e uma imagem do equipamento utilizado pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1 - Equipamento atual de descarga das chapas cortadas na *LASER*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

- Após a etapa de corte e acondicionamento das chapas cortadas na embalagem, esta é encaminhada para uma área composta por mesas e ferramentas para efetuar a separação das peças da sucata, atividade que demanda elevado esforço físico e os recursos alocados, são exclusivamente dedicados a esta atividade.
- Entre o corte e acondicionamento e a separação das peças, em função do acúmulo de produtos processados por diversas máquinas, as chapas cortadas ficam armazenadas, ocupando espaço e aguardando um determinado tempo, conforme Figura 2, até que a separação possa ser realizada pela equipe de profissionais separadores.

Figura 2 - Peças cortadas aguardando operação de separação.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Diante disto, surge o problema que este projeto buscou solucionar para reduzir o tempo de entrega da peça pronta e melhorar os níveis de segurança e ergonomia no processo.

Qual o processo/equipamento mais adequado para o sistema de descarga e separação de peças nos centros de corte a LASER?

Este trabalho justifica-se pela busca de solução ao problema apresentado, especialmente para melhorar o processo de descarga das chapas cortadas nos centros de corte a *LASER*, otimizar o processo, reduzir o tempo de descarga e separação e proporcionar maior segurança e ergonomia as pessoas envolvidas.

O objetivo geral deste trabalho é elaborar o projeto conceitual de um sistema que seja capaz de possibilitar a descarga das chapas cortadas nos centros de corte a *LASER* em estudo, melhorando o processo de descarga e otimizando o processo. Os objetivos específicos são: Analisar qual o melhor conceito de equipamento para utilização; Utilizar a metodologia de projeto de produto para elaboração do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Com o objetivo de identificar as questões centrais relativas ao tema do trabalho, a revisão da literatura torna-se importante para o delineamento e encaminhamento das etapas de metodologia, apresentação e análise de resultados.

2.1 LASER

Para Gimenes e Ramalho (2006) a palavra *LASER* é oriunda das iniciais de "*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*", cujo significado em português é "luz amplificada pela emissão estimulada de radiação".

Bagnato (2001) define o *LASER* como fonte de luz de características únicas (monocromaticidade, coerência e outras), possuindo propriedades especiais que o tornam um excelente instrumento de uso científico e tecnológico.

2.2 APLICAÇÕES DO LASER

Segundo Bagnato (2005), a aplicação do *LASER* pode ir de soldagens especiais e análise da rugosidade de superfícies à produção do corte preciso de uma lâmina de barbear, indicando que o *LASER* veio para ficar na indústria.

Atualmente, as aplicações industriais do *LASER* são enormemente diversificadas, mas certamente suas utilizações como instrumento de corte, marcação e solda são as mais amplamente difundidas (BAGNATO, 2005).

Trumpf (2012) salienta que tubos e perfis realizam funções estruturais, de apoio, suporte ou condução de fluido. Com grande variedade de formato e material, são sempre uma solução adequada em termos de funcionamento e esforço de utilização.

Atualmente também é possível utilizar a tecnologia *LASER* para efetuar têmpera, utilizando este processo pode-se modificar materiais e com isso conseguir novas características da superfície (REIS, 2012).

2.3 CORTE A LASER

Quando se fala em corte a *LASER*, não só se imagina um corte limpo, sem a necessidade de retrabalho, com arestas planas e bem definidas, de qualidade superior, mas também e mais importante, um corte com precisão dimensional (MELLO, 2009).

Seu funcionamento consiste basicamente em um feixe de raios *LASER* quase paralelos, normalmente invisível (infravermelho ou ultravioleta), gerado na fonte de *LASER* (ressonador) e direcionado por espelhos ao cabeçote de corte focalizado por uma lente em um ponto na peça de trabalho (AGA, 2005).

Uma máquina de corte a *LASER*, alimentada com matéria prima na forma de chapas, produz diversas peças de formas e tamanhos diferentes, que devem ser produzidas eficientemente (AGA, 2005).

O tempo de corte efetivo definido por Aga (2005) em uma máquina de corte a *LASER* é determinado por:

- Geração do programa e tempo de correção;
- Tempo de ajuste dos parâmetros;
- Tempos de carregamento da matéria-prima;
- Tempo para a remoção das peças cortadas;
- Tempo para a remoção das sobras.

Para garantir a segurança do processo de corte a *LASER*, Bystronic (2007) salienta que é necessário assegurar que nenhuma peça de chapa cortada, que possa colidir com o cabeçote de corte suba até a posição de colisão. Para evitar esta movimentação indesejada, pode-se usar micro ligações, pontos de solda ou o corte de peças internas em diversas regiões da chapa.

2.4 CARGA E DESCARGA DE CHAPAS METÁLICAS EM CENTROS DE CORTE A *LASER*

O tempo necessário para a descarga das peças cortadas pode ser muito significativo nos custos do processo. Muitos subsistemas de remoção de materiais têm sido projetados, mas nem todos operam sem apresentar falhas (AGA, 2005).

Aga (2005) reforça ainda que alguns sistemas são projetados de modo que a chapa toda seja cortada antes das peças serem removidas. Nos casos onde a remoção é manual, esta operação é altamente consumidora de tempo. Geralmente é usado um sistema com duas ou mais mesas intercambiáveis, onde o *LASER* está cortando em uma mesa enquanto as peças estão sendo descarregadas na outra.

Os fornecedores de centros de corte a *LASER* disponibilizam no mercado vários sistemas automatizados para realizar o corte como também a descarga do material cortado. Diversos são os fatores a serem considerados para a aquisição/utilização

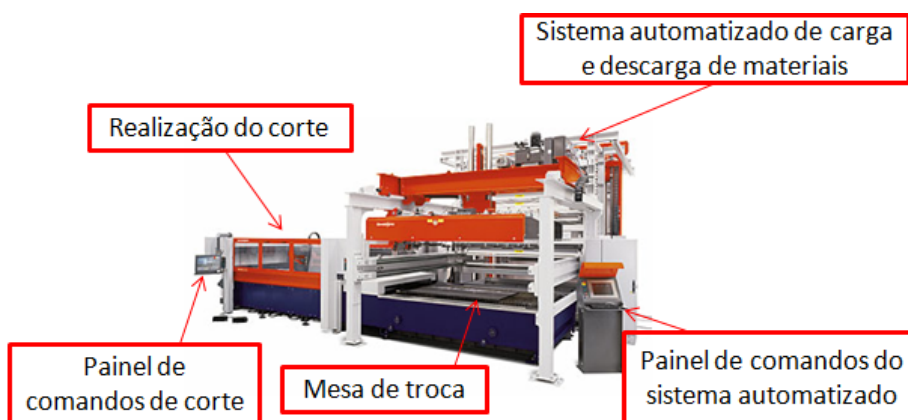
de um equipamento, como demanda, utilização, mão-de-obra, produtividade, qualidade, entre outros, pois geralmente representam um elevado investimento.

A Bystronic que é uma empresa fabricante de máquinas de corte a *LASER* disponibiliza diversos sistemas para descarga.

Na Figura 3 é possível observar o sistema automatizado *Bycell*, que apresenta as seguintes características:

- Grande capacidade de produção;
- Sortimento de material processado;
- Muita troca de material;
- Operação sem necessidade de paradas (24 horas de operação diária) em operação automática que são importantes para a redução dos custos fixos;

Figura 3 - Sistema de carga de chapas metálicas *Bycell*.



Fonte: Bystronic, 2012.

O *Byloader* é um alimentador automático de chapas. Possui sua principal utilização na otimização da fabricação de protótipos. Além da rentabilidade econômica, contempla entre outros aspectos a segurança no trabalho, com um operador assumindo o controle do material e operando todo o sistema (BYSTRONIC, 2012). Pode-se observar este sistema na Figura 4.

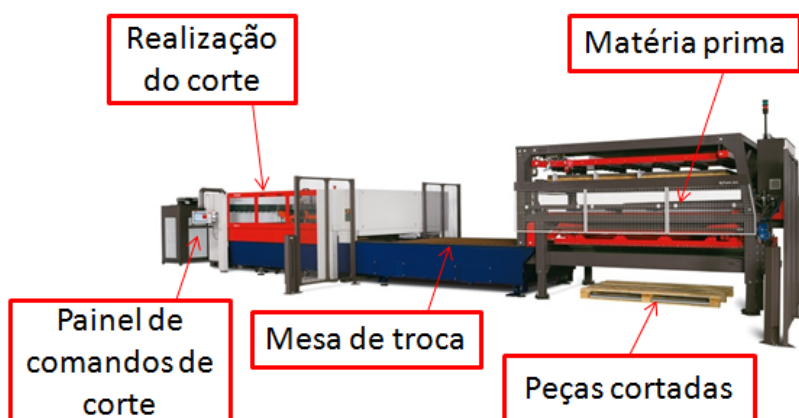
Figura 4 - Sistema de carga de chapas metálicas *Byloader*.



Fonte: Bystronic, 2012.

O *Bytrans* (Figura 5) destaca-se por ser um processo de carga e descarga automatizado, necessitando de pouca troca de material, permitindo que somente um operador opere várias máquinas, simultaneamente, mas necessita de operação posterior para separação das peças da sucata (BYSTRONIC, 2012).

Figura 5 - Sistema automatizado *Bytrans*.



Fonte: Bystronic, 2012.

2.5 SISTEMAS DE ELEVAÇÃO DE CARGAS

Pela definição de Rudenko (1976), sistemas de elevação constituem o grupo de aparelhos de ação periódica, projetado como mecanismo próprio de elevação e movimentação de cargas ou, ainda, como mecanismos independentes, de guindastes ou elevadores.

Os seguintes fatores técnicos podem ser assinalados como principais para orientação na escolha dos tipos de aparelhos que podem ser convenientemente

empregados, para automatizar qualquer processo de elevação e transporte (RUDENKO, 1976):

- Espécie e propriedades de cargas: Características como forma, peso, superfície, fragilidade, temperatura, tendência a amassar, entre outras podem definir substancialmente a faixa de equipamentos que possam atuar em determinada tarefa;
- Carga horária: Definir o período de trabalho do equipamento, podendo atuar em ação contínua ou não, conforme necessidades e período de trabalho estipulado pelo cliente;
- Direção e distância percorrida: Detalhar a necessidade de deslocamento do equipamento, obtendo movimento vertical através de talha, guindaste, sistema mecânico, hidráulico. Movimento horizontal através de carros, atuadores, entre outros. Alguns equipamentos podem executar diversos movimentos no mesmo instante, havendo a necessidade de analisar e definir a real utilização do projeto;
- Métodos de empilhamento: A operação de carga e descarga pode diferir enormemente, na carga pode-se utilizar um sistema mecânico automatizado e após o transporte a descarga pode necessitar de outros equipamentos, métodos ou até força manual.
- Características do processo: Influenciam substancialmente na escolha do equipamento, pois estão ligadas diretamente ao processo de fabricação, definindo os movimentos necessários conforme a utilização e a necessidade de transporte.
- Condições específicas: Tamanho e formato do espaço disponível, disposição de máquinas, pisos, condições do ambiente como, poeira, umidade, etc.

2.6 SISTEMAS DE SEGURANÇA PARA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

A segurança do trabalho em máquinas e equipamentos tem sido prioridade das industriais na realização de suas atividades. Para isso são utilizados equipamentos de segurança, que em nenhuma hipótese ou situação pode permitir a ocorrência de acidente de trabalho. Assim, cada vez é maior a tecnologia utilizada nestes equipamentos e maior a confiabilidade dos mesmos que é de suma importância para o ambiente de trabalho.

Amplamente utilizado na indústria para a segurança da operação em máquinas e equipamentos são as proteções fixas, que por sua vez, mantêm-se em sua posição, quer de maneira permanente por soldagem quer por meio de elementos de fixação temporários (parafusos e porcas) que só permitem que o protetor seja removido ou aberto com auxílio de uma ferramenta (MAHLE, 2008).

Outro meio para proteção segundo Mahle (2008) são as proteções móveis com sistema de segurança. A proteção que pode ser aberta sem utilizar ferramenta e que geralmente é ligada a elementos mecânicos como dobradiças, auxiliada por um dispositivo de inter travamento, caso seja aberta com a máquina em movimento, um sinal elétrico de comando bloqueia a máquina.

Alguns sistemas de segurança que podem ser instalados em máquinas e equipamentos industriais são:

- Cortinas de Luz – Equipamento que produz uma cortina de luz infravermelha e supervisiona a área útil compreendida pela distância entre as unidades: transmissor e receptor. Se essa área for invadida, uma saída de sinal em duplo canal comandará a interrupção da operação da máquina (INSTRUTECH, 2012).
- Sensores de Área ou *LASER* Scanners – Dispositivo eletro-eletrônico de proteção de uma área de risco. Permite a configuração de uma área de advertência e outra de risco, quando invadida a área de risco, o equipamento bloqueia a máquina em operação, garantindo a segurança (MAHLE, 2008).
- Chaves de Segurança Mecânicas – Protege o acesso a partes móveis da máquina ou equipamento. Se a proteção estiver aberta deve impossibilitar a partida. Devem interromper o movimento perigoso a qualquer tempo do ciclo da máquina (MAHLE, 2008).
- Tapetes de Segurança Sensíveis à Pressão – São dispositivos eletromecânicos de contato acionado por meio de pressão incidente em sua superfície, utilizado para proteção humana (SAFETYCAMP, 2012).
- Comando Bi-Manual – O sinal de saída somente é gerado quando os dois dispositivos forem atuados com um retardo de tempo menor ou igual a 0,5s e enquanto estes dois sinais de entrada forem mantidos (MICROAR, 2012).
- Botão de Emergência – Com o circuito de parada de emergência acionado, este deve sobrepor a todos os outros controles da máquina e promover a

parada de todas as partes móveis. Devem possuir a cor vermelha, tipo cogumelo, com retenção com base ou anel de base na cor amarela. O seu desacionamento não pode ser automático para não possibilitar o acionamento do comando de partida da máquina de forma automática (MAHLE, 2008).

2.7 PROJETO DE PRODUTO

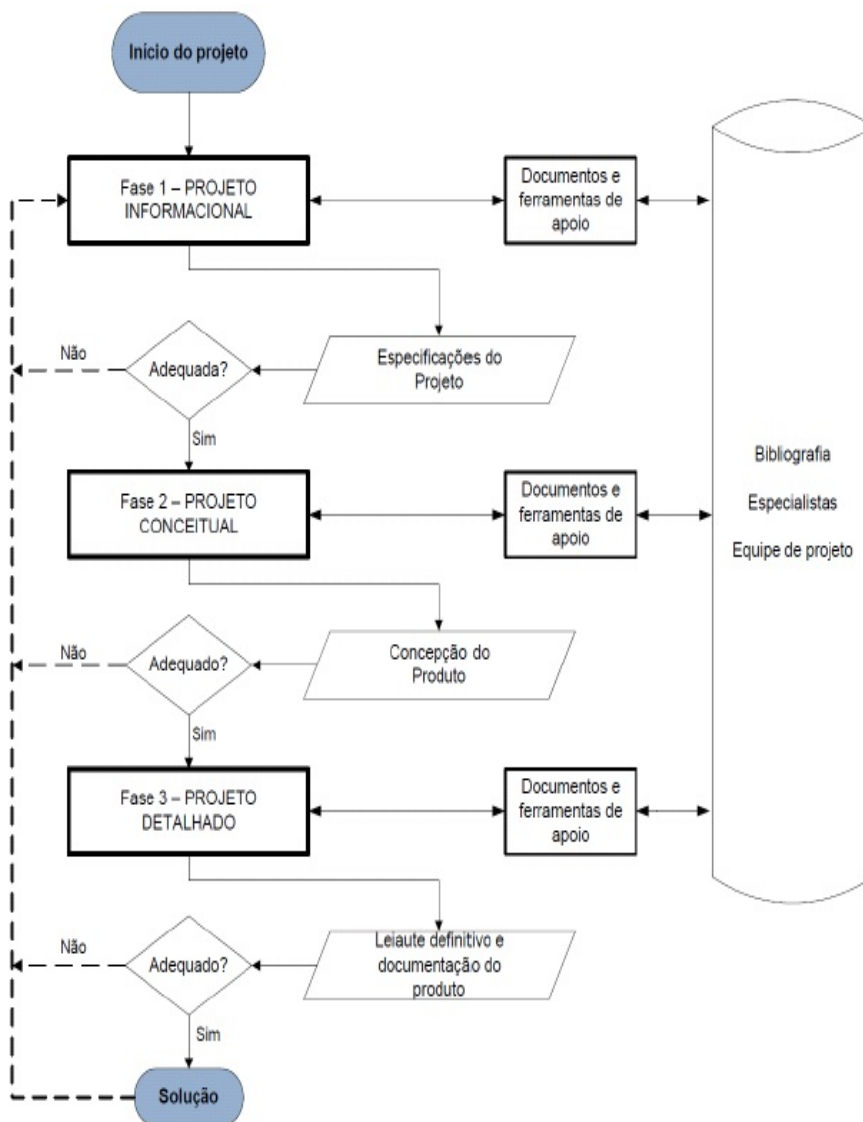
Amaral *et al* (2006) salienta que o processo de desenvolvimento de produtos se constitui num dos processos-chave de qualquer empresa que queira competir por meio da elaboração de produtos próprios e da busca de liderança tecnológica. É preciso identificar a premissa de criação de valor que garantirá, no mercado, o êxito com os clientes e realizá-la em tempo adequado para aproveitar ao máximo a oportunidade que se apresenta.

Segundo Back *et al* (2008), o projeto de engenharia é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente aquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura. Ainda, Back *et al* (2008) o termo produto refere-se a um objeto concebido, produzido industrialmente com características e funções próprias, podendo ser comercializado e/ou usado por pessoas e por organizações, de modo a atender a seus desejos ou necessidades. Novos produtos podem ser obtidos com melhorias e modificações de produtos existentes.

A missão do engenheiro é encontrar soluções para problemas técnicos, baseando-se em conhecimentos das ciências naturais e da engenharia, levando em consideração as condicionantes matérias, tecnológicas e econômicas, bem como restrições legais, ambientais e aquelas impostas pelo ser humano (PAHL *et al*, 2005).

O modelo de fases pode ser expresso em três etapas: projeto informacional, projeto conceitual, e projeto detalhado, que segundo Forcellini (2002) ao final de cada etapa apresenta vantagens sintetizadas em num modelo cada vez mais concreto de produto, que ao mesmo tempo em que alimenta a fase seguinte, melhora o entendimento da fase anterior. A Figura 6 demonstra de forma geral, todas as etapas para o desenvolvimento do projeto completo, porém, este trabalho foi elaborado até a fase de projeto conceitual.

Figura 6 - Etapas do modelo de fases.



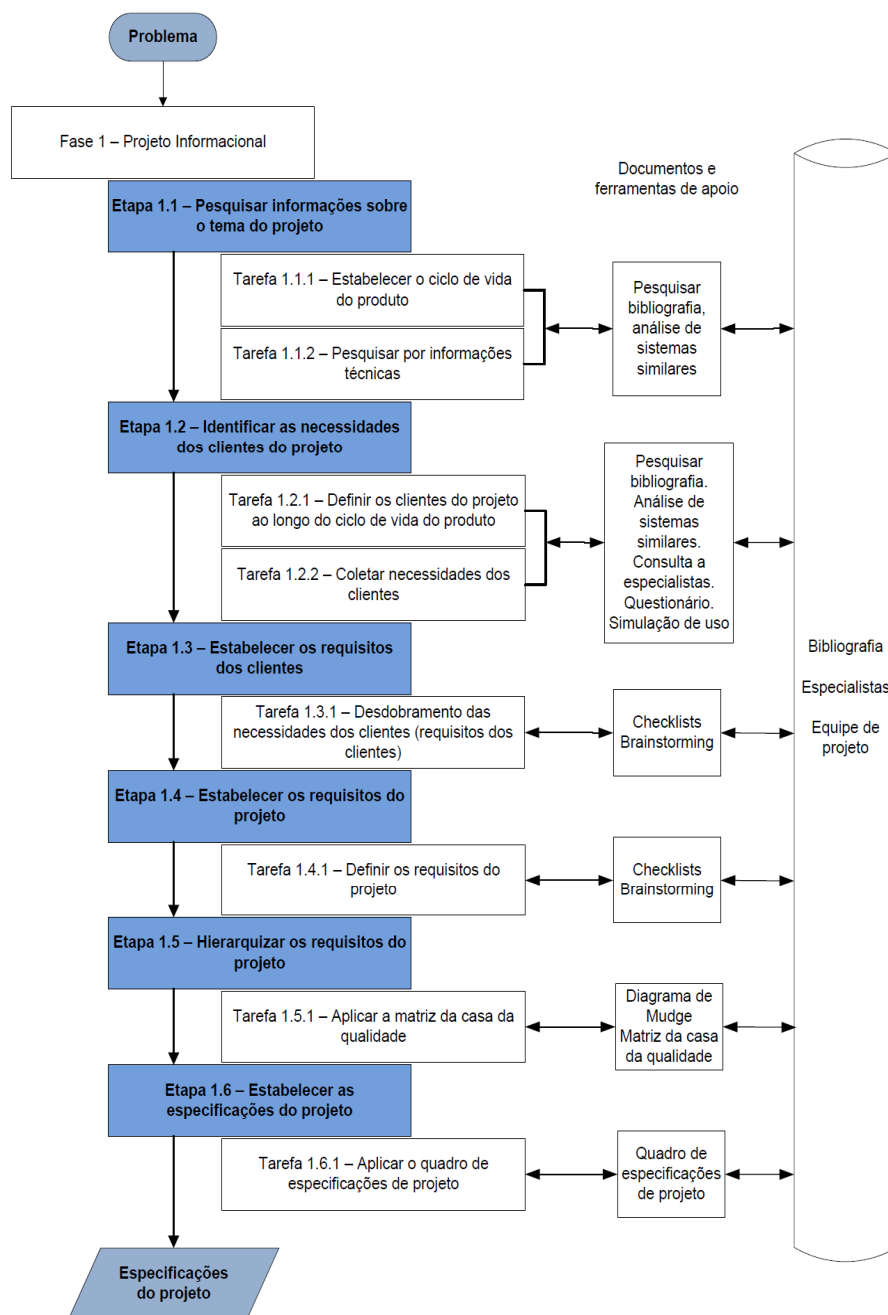
Fonte: Reis, 2003.

2.8 PROJETO INFORMACIONAL

Iniciamos esta etapa do projeto através do problema que deu origem a necessidade de desenvolvimento do produto. Buscou-se as informações necessárias para o pleno entendimento do problema, obtendo-se ao final dessa etapa, as especificações de projeto, que estão apresentadas através de uma lista de objetivos que o produto a ser projetado deve atender (ROOZENBURG E EEKELS *apud* FORCELLINI, 2002).

Para Amaral *et al* (2006), o objetivo desta fase é desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, chamado de especificações-meta do produto, fornecendo a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e de tomada de decisão utilizados nas etapas posteriores do processo de desenvolvimento, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Etapas da fase de Projeto Informacional.



2.8.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto

Buscou-se primeiramente o entendimento e familiarização com o problema a ser resolvido e após a busca se concentrou em informações técnicas e econômicas considerando os aspectos relacionados com os componentes, procurando tecnologias e métodos de fabricação disponíveis e buscando informações de produtos existentes ou similares. Após essa etapa determinou-se o ciclo de vida do produto que fornece uma descrição da história do produto, descrevendo os estágios pelos quais passará (AMARAL *et al*, 2006).

2.8.2 Identificar as necessidades dos clientes

Conforme Amaral *et al* (2006), as necessidades dos clientes são informações levantadas através dos desejos dos clientes, que podem ser redundantes e representar características dos produtos.

Nesta etapa, segundo Mantovani (2011) as necessidades dos clientes podem ser identificadas com o auxílio de pesquisas bibliográficas, análise de sistemas técnicos similares, consulta a especialistas e aplicação de questionários aos clientes do produto. Segue-se algumas diretrizes estabelecidas para orientar o desenvolvimento e a implementação das ferramentas de apoio ao levantamento e sistematização das necessidades de projeto, que são:

- Estabelecer as fases do ciclo de vida do produto;
- Definir os clientes do projeto;
- Elaborar questões para cada cliente do projeto em cada fase do ciclo de vida do produto.

2.8.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

De acordo com Amaral *et al* (2006), o principal objetivo de determinar o que os clientes esperam do produto é achar os requisitos que realmente agradam e surpreendem favoravelmente os clientes, gerando benefícios que não esperavam.

As necessidades dos clientes identificadas não podem ser empregadas diretamente no desenvolvimento do produto, pois as mesmas são expressas de forma subjetiva, sendo necessário traduzi-las para a linguagem de engenharia.

Mantovani (2011, p.7) explica,

O desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes é um trabalho feito em equipe. Em primeiro lugar as necessidades

levantadas são distribuídas ao longo do ciclo de vida do produto a fim de identificar mais facilmente quais delas são claramente redundantes. Posteriormente, cada uma das necessidades é estudada e, se necessário, decomposta com o intuito de descobrir, em linguagem de engenharia, o que o cliente realmente quer. Caso necessário, em alguma necessidade de difícil compreensão, poderão ser utilizadas técnicas de brainstorming.

2.8.4 Estabelecer os requisitos de projeto

Fonseca (2010) afirma que a conversão dos requisitos dos clientes em requisitos do projeto constitui-se na primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado, assim, para cada um dos requisitos dos clientes em questão deverão ser identificados atributos que os caracterizem e ajudem na sua compreensão.

Ainda, Fonseca (2010), classifica os atributos do produto em duas grandes famílias: atributos gerais e atributos específicos.

Os atributos gerais podem ser classificados em:

- Básicos: Diferenciam o produto pelo funcionamento, ergonômicos, econômicos, etc.
- Do ciclo de vida: Definem a fabricabilidade, montabilidade, manutenibilidade, etc.

Os atributos específicos referem-se ao sistema técnico em questão, dividindo-se em atributos materiais, energéticos e de controle.

2.8.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

A primeira tarefa dentro dessa etapa é valorar os requisitos dos clientes, ou seja, classificar os requisitos dos clientes em ordem de importância é fundamental para aplicação do QFD. Podemos usar o diagrama de Mudge para comparar e dar valor aos requisitos para uso na casa da qualidade, que consiste de uma matriz onde se compara os itens da primeira linha com a coluna, considerando primeiramente qual é o mais importante e após o nível de importância na comparação (MANTOVANI, 2011).

A segunda tarefa da etapa é a aplicação da matriz da qualidade, que é uma ferramenta que possibilita o estabelecimento de relações entre necessidades dos clientes e os requisitos de projeto auxiliando a equipe de projeto por meio da busca pelo consenso nas diferentes definições sobre o produto (AMARAL *et al*, 2006).

Amaral *et al* (2006) cita em sua obra que os principais benefícios da casa da qualidade são:

- Redução do número de mudanças de projeto;
- Diminuição do ciclo de projeto;
- Redução dos custos de início de operação;
- Planejamento da garantia de qualidade;
- Favorece a comunicação entre os diferentes agentes que atuam no desenvolvimento de projeto;
- Traduz as vontades dos clientes que são vagas e não mensuráveis em características mensuráveis;
- Identifica as características que mais contribuem para os atributos de qualidade;
- Possibilita a percepção de quais características deverão receber maior atenção.

2.8.6 Estabelecer as especificações do projeto

Nesta etapa deve-se aplicar o quadro de especificações de projeto aos requisitos. Para Fonseca (2010) o quadro de especificações de projeto nada mais é do que o local onde aos requisitos de projeto são associadas mais três informações:

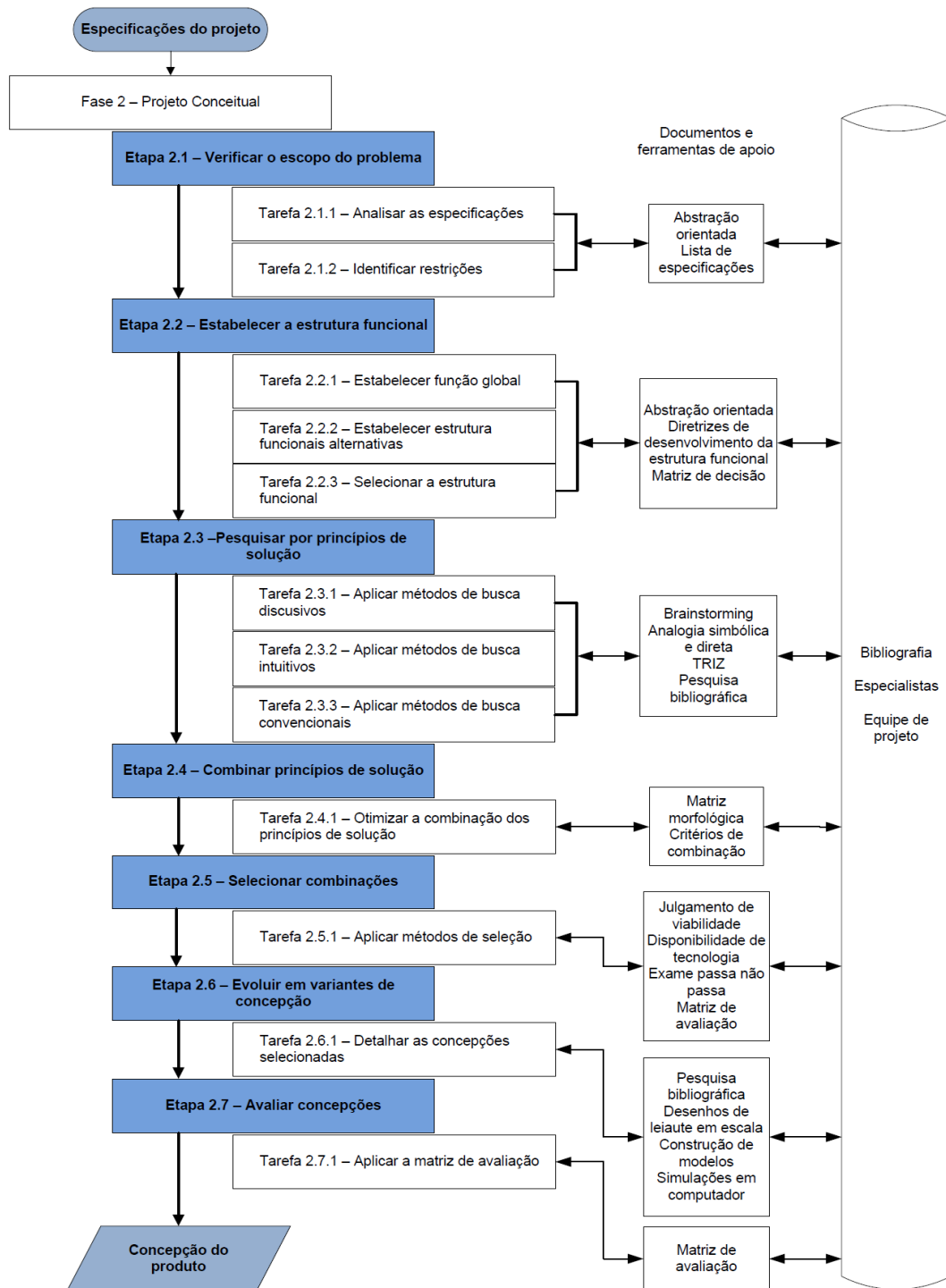
- Meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente;
- Forma de avaliação da meta;
- Aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

2.9 PROJETO CONCEITUAL

As atividades de projeto na fase de Projeto Conceitual relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema do projeto (AMARAL *et al*, 2006). De acordo com Baxter (1995), o projeto conceitual tem o objetivo de produzir princípios de projeto para o produto, e especificamente o projeto conceitual deve mostrar como o produto será feito para atingir os benefícios básicos.

O modelo de produto obtido ao final dessa fase é a concepção do produto, que, segundo Pahl *et al* (2005), é a proposta de solução fundamental, que satisfaz a função global e que sustenta a promessa de realização da tarefa. A Figura 8 ilustra todas as etapas do projeto conceitual.

Figura 8 - Etapas da fase de Projeto Conceitual.



Fonte: Reis, 2003.

2.9.1 Verificar o escopo do problema

Mantovani (2011) destaca que esta etapa tem por objetivo fazer um estudo compreensivo do problema num plano abstrato, de forma a abrir caminho para soluções melhores.

2.9.2 Estabelecer a estrutura funcional

Amaral *et al* (2006) cita em sua obra que o resultado deste estudo conduz uma melhor solução do problema, proporcionando um entendimento mais claro da tarefa do projeto, e a identificação das funções do produto. De uma maneira geral, as funções descrevem as capacidades que tornarão o produto capaz de desempenhar seus objetivos e especificações.

Pahl *et al* (2005) alerta sobre a importância de desdobrar a função global para subfunções, objetivando:

- A simplificação do desdobramento da função global para a subsequente busca de solução;
- A interligação destas subfunções numa estrutura de função simples e não ambígua.

2.9.3 Pesquisa por princípios de solução

Mantovani (2011) salienta que nesta etapa passa-se do abstrato ao concreto, a cada uma das subfunções da estrutura funcional escolhida na etapa anterior é atribuído um princípio de solução.

Para isso pode-se fazer uso de diversos métodos, que podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 - Métodos para levantar os princípios de solução.

CLASSIFICAÇÃO	MÉTODOS
Convencionais	Pesquisa bibliográfica; análise de sistemas naturais; análise de sistemas técnicos existentes; analogias; medições e testes em modelos.
Intuitivos	<i>Brainstorming</i> ; método 635; método Delphi; sinergis; analogia direta; analogia simbólica; combinação de métodos.
Discursivos	de esquemas de classificação; uso de catálogo de projeto; TRIZ - teoria da solução de problemas inventivos; método da matriz morfológica.

Fonte: Adaptado de Mantovani, 2011.

2.9.4 Combinar princípios de solução

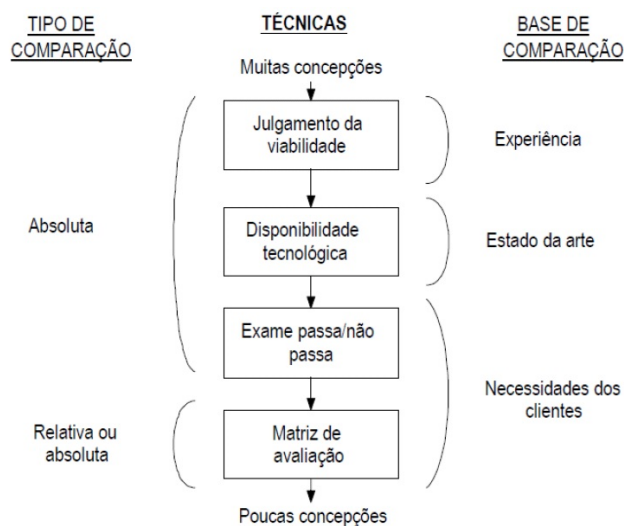
Após obter os princípios de solução, é necessário combiná-los de forma a atender a função global do sistema. Com o emprego da matriz morfológica, são estabelecidas combinações de princípios de solução entre as subfunções da estrutura funcional.

Roozenburg e Eekels *apud* Mantovani (2011) sugerem que se faça uma análise das colunas da matriz morfológica de forma a posicionar nas primeiras os princípios de solução mais adequados para a subfunção.

2.9.5 Selecionar combinações

Back *et al* (2008) apresentam um procedimento que utiliza quatro técnicas diferentes para reduzir as variantes geradas a umas poucas, mas promissoras, soluções. A sequência do uso dessas técnicas é mostrada na Figura 9.

Figura 9 - Técnicas para seleção de variantes de solução.



Fonte: Back *et al*, 2008.

2.9.6 Evoluir em variantes de concepção

O nível de detalhamento de uma concepção deve permitir a continuidade do projeto a partir desse ponto e a avaliação de sua viabilidade. Um esboço deve ter sido suficientemente detalhado para tornar possível o cálculo aproximado de custos, pesos e dimensões gerais, para que, na medida do possível possa ser garantida (FILHO, 2004).

Pahl *et al* (2005) salienta que para a obtenção das informações necessárias a uma melhor representação das variantes de concepção pode-se empregar cálculos aproximados baseados em suposições simplificadoras e desenhos em escala simplificados de possíveis leiautes, formas, requisitos espaciais, compatibilidade entre funções etc.

2.9.7 Avaliar concepções

A atividade de avaliar as concepções busca selecionar a alternativa que atende de mais maneira mais eficaz dentre as diferentes concepções definidas nas atividades anteriores (MANTOVANI, 2011).

Amaral *et al* (2006) aponta que a maior dificuldade para selecionar a melhor concepção do produto é a quantidade de informações técnicas limitadas e pouco detalhadas.

Para a seleção são utilizados métodos que auxiliam na escolha do melhor conceito. Mantovani (2011) cita que um deles é a técnica da Matriz de Avaliação que utiliza como critérios de avaliação as especificações do projeto.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a forma metodológica da elaboração do projeto conceitual proposto, partindo do problema que originou este trabalho e finalizando com a concepção dos principais componentes do equipamento a ser desenvolvido.

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

No Quadro 2, está apresentado o ciclo de vida do produto. Levando em consideração a finalidade e o objetivo desse trabalho, foram estabelecidas seis fases.

Quadro 2 - Fases do ciclo de vida do produto.

FASES DO CICLO DE VIDA	O QUE SE DESEJA CONHECER
PROJETO	O que é mais importante para o funcionamento do equipamento. Forma de funcionamento e mecanismos disponíveis.
FABRICAÇÃO	Processos de fabricação utilizados. Montagem do equipamento simplificada.
INSTALAÇÃO	Área disponível para instalação do equipamento. Recursos para instalação.
UTILIZAÇÃO	Manuseio do equipamento. Capacidades de trabalho.
MANUTENÇÃO	Custos de manutenção. Principais pontos para cuidados especiais.
DESCARTE	Destino apropriado para descarte.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

3.1.1 Necessidades dos clientes do projeto

As fases do ciclo de vida do produto e seus respectivos clientes estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Clientes ao longo do ciclo de vida do produto.

FASES DO CICLO DE VIDA	CLIENTES	
	INTERNOS	EXTERNOS
PROJETO	Projetista	
FABRICAÇÃO	Empresa terceira	
INSTALAÇÃO	Empresa terceira	
UTILIZAÇÃO		Empresa
MANUTENÇÃO		Empresa
DESCARTE		Empresa

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Salienta-se que a fase de fabricação e instalação do equipamento está definida como sendo de clientes internos, tendo em vista que após a fabricação do equipamento projetado, o produto vai diretamente ao cliente final, não havendo intermediários de marketing e vendas.

A utilização e a manutenção da máquina serão realizadas por colaboradores capacitados da empresa, estabelecendo-se que sempre os mesmos farão a utilização e a conservação do equipamento. Após o vencimento da vida útil do equipamento e com a depreciação total do mesmo, a empresa que irá utilizar fica responsável pelo correto destino de descarte.

Para o estabelecimento das necessidades dos clientes foram aplicados questionários, conforme Apêndice A, perguntando a cada um dos clientes envolvidos no projeto e através desses, foi possível analisar os dados coletados nas entrevistas e como resultado, foram estabelecidas as seguintes necessidades:

- Custo do equipamento - deve ser baixo, a fim de conseguir justificar a implementação do equipamento e trazer retorno financeiro.
- Ser de fácil operação - possuir um comando simples para facilitar o processo de fabricação.
- Frequência de manutenção - deve ser mínima, de baixo custo e possuir componentes para reposições existentes no mercado.
- Confiável - o equipamento deve ser confiável para não gerar perdas e atrasos no processo devido a paradas.
- Durabilidade - deve resistir as condições de trabalho e possuir um ciclo de vida longo.
- Dimensional - o espaço para instalação do equipamento é restrito, devendo o mesmo estar dentro das dimensões para sua utilização.
- Eficiência - não deverá retardar o processo a fim de gerar paradas na máquina de corte e o tempo de atuação deverá ser mínimo.
- Capacidade - deverá ser capaz de transportar e elevar as condições em que as máquinas estão dispostas atualmente.
- Normalização - deverá atender a todas as normas de segurança e ergonomia.

3.1.2 Desdobramento das necessidades em requisitos dos clientes

Através da pesquisa elaborada, foram desenvolvidas as necessidades dos clientes, mas os mesmos estão expressos de forma subjetiva, para isso, houve a necessidade de traduzi-las para a linguagem de engenharia, transformando os mesmos em requisitos dos clientes.

No Quadro 4 é possível observar os requisitos dos clientes ao longo do ciclo de vida.

Quadro 4 - Requisitos dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto.

CLIENTES	REQUISITOS DOS CLIENTES
PROJETO	1. Projeto simples
FABRICAÇÃO	2. Fácil fabricação 3. Baixo custo de produção 4. Possuir itens de mercado
INSTALAÇÃO	5. Energia para alimentação compatível 6. Fácil montagem dos componentes
UTILIZAÇÃO	7. Ser seguro 8. Ser ergonômico 9. Fácil operação 10. Ser confiável 11. Ser rápido 12. Atender o dimensional disponível
MANUTENÇÃO	13. Baixo custo de manutenção 14. Fácil manutenção 15. Vida útil adequada
DESCARTE	16. Possuir componentes recicláveis 17. Ser de fácil descarte

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

3.1.3 Estabelecer os requisitos do projeto

Conforme Amaral *et al* (2006), os requisitos de projeto são características que o produto deve atender com os valores-meta, desdobrando a partir dos requisitos dos clientes. Ou seja, torna-se necessário “dizer em números” – expressão essa que significa que o produto a ser desenvolvido deve ser descrito por meio de características técnicas, possíveis de serem mensuradas por algum tipo de sensor.

Para a especificação destes requisitos, estes foram divididos em atributos gerais e atributos específicos, de acordo com sua classificação e apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Atributos gerais e atributos específicos.

REQUISITOS DO PROJETO			
Atributos Gerais	Básicos	Funcionamento	Velocidade de deslocamento
			Velocidade de elevação
			Acionamento simples
			Capacidade adequada
		Ergonômico	Altura de comandos
			Nível de ruído
			Altura de trabalho
		Segurança	Proteção das partes móveis
			Botão de emergência
		Econômico	Custo de produção
	Custo de manutenção		
	Custo de operação		
	Vida útil		
	Confiabilidade	Repetitividade de movimetos	
Legal	Conformidade com legislação		
Ciclo de vida	Fabricabilidade	Fabricação usual	
	Montabilidade	Ferramentas usuais	
		Alimentação compatível	
		Componentes padronizados	
	Usabilidade	Facilidade de uso	
Mantenabilidade	Facilidade de manutenção Duração de manutenção		
Atributos específicos	Naturais	Geométricos	Tolerâncias médias
			Dimensões dentro dos limites
		Material	Usuais de fabricação mecânica
	Baixo custo Baixo Peso		
	Energéticos	Cinéticos	Tempo de operação Energia consumida

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

3.1.4 Hierarquização dos requisitos do projeto

Para realizar a hierarquização dos requisitos do projeto, primeiramente aplicou-se o Diagrama de Mudge, que consistiu a avaliação do grau de importância de cada um dos requisitos dos clientes. Após, comparou-se diretamente conjuntos de dois requisitos cada, de modo a avaliar qual deles apresentaria maior importância na concepção do produto. Na Figura 10, o Diagrama de Mudge apresenta a hierarquização.

Figura 10 - Diagrama de Mudge.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Soma	%	Importância
1	2B	3C	4B	1A	6B	7C	8C	9B	10A	11B	12A	13A	1A	15A	1B	1A	6	1,974	16º
	2	3A	2B	2B	2A	7A	8B	9A	10A	11A	12B	13A	2B	2A	2B	2B	20	6,579	7º
		3	3A	3B	6A	3A	8A	9B	3A	3B	3B	3A	3B	15B	3C	3B	30	9,868	3º
			4	5A	4A	7B	8B	4A	4A	11B	12A	4A	14B	15A	16A	17A	7	2,303	15º
				5	5B	7C	8B	5B	5A	11B	12B	13A	5B	5A	5B	17B	15	4,934	9º
					6	7B	8A	9A	6B	11A	6A	13A	6A	15B	6B	6B	15	4,934	9º
						7	8A	7A	10B	11B	12B	7B	7A	7A	7C	7A	29	9,539	4º
							8	9A	8B	8A	12B	8B	8A	8C	8B	8A	34	11,18	1º
								9	9B	9A	12A	9B	9A	15A	9C	9B	25	8,224	5º
									10	10B	12B	13B	10A	15B	16A	17B	9	2,961	14º
										11	12B	11B	11A	15B	11C	11A	24	7,895	6º
											12	12C	12A	12B	12A	12B	34	11,18	1º
												13	13B	13A	13A	13B	15	4,934	9º
													14	14B	14B	10	3,289	12º	
														15	15B	17B	18	5,921	8º
															16	16A	3	0,987	17º
																17	10	3,289	12º
																	304		

Valores de importância
A= Um pouco mais importante, 1
B= Mediamente mais importante, 3
C= Muito mais importante, 5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Com a aplicação do Diagrama de Mudge, foram estabelecidos valores aos requisitos dos clientes, podendo-se classificá-los em ordem de importância, conforme pode ser visualizado no Quadro 6.

Quadro 6 - Classificação dos requisitos por importância.

CLASSIFICAÇÃO POR IMPORTÂNCIA	
1º	Atender o dimensional disponível
1º	Ser ergonômico
3º	Baixo custo de produção
4º	Ser seguro
5º	Fácil operação
6º	Ser rápido
7º	Fácil fabricação
8º	Vida útil adequada
9º	Energia para alimentação compatível
9º	Fácil montagem dos componentes
9º	Baixo custo de manutenção
12º	Fácil manutenção
12º	Ser de fácil descarte
14º	Ser confiável
15º	Possuir itens de mercado
16º	Projeto simples
17º	Possuir componentes recicláveis

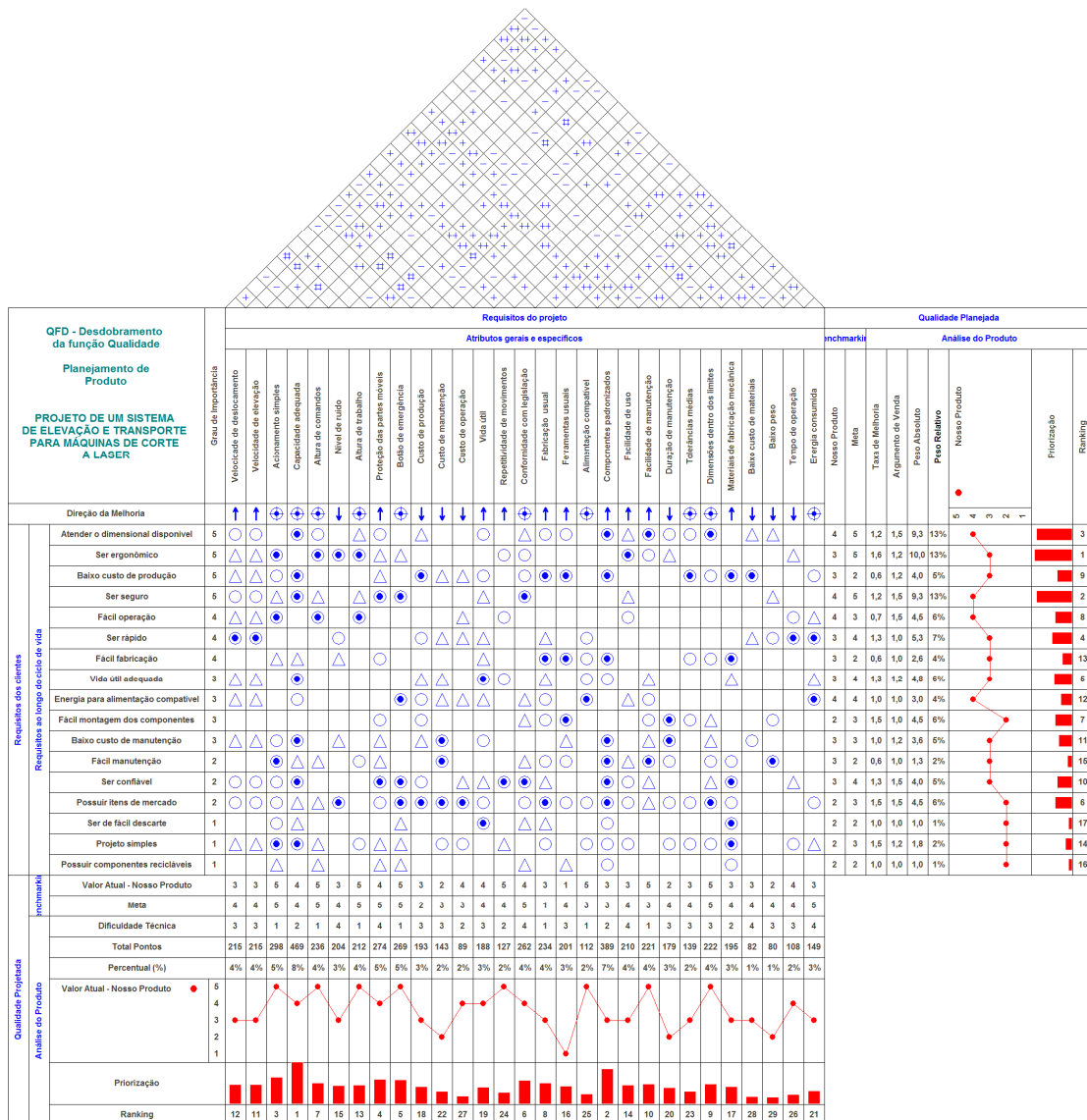
Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

A casa da qualidade que permite relacionar os requisitos do projeto entre si e os requisitos dos clientes com os requisitos do projeto, com isso, é possível hierarquizar todos os requisitos do projeto que serão mais relevantes para o desenvolvimento do mesmo.

Para utilizar o método QFD, os requisitos dos clientes foram colocados em escala, caracterizando 1 o de menor importância e 5 o de maior importância, obtendo assim uma melhor compreensão de sua grandeza.

A Figura 11 demonstra a casa da qualidade e os respectivos resultados da hierarquização dos requisitos do projeto.

Figura 11 - Aplicação do QFD.



Fonte: Adaptado de QFD, 2012.

3.1.5 Especificações do projeto

Os requisitos de projeto obtidos e hierarquizados estão representados qualitativamente, deste modo, não permitindo a continuidade do trabalho. Para isso, há a necessidade de estabelecer metas a serem atingidas, bem como estas metas serão avaliadas e as restrições que devem ser observadas. Assim, a tarefa desta etapa foi aplicar o quadro de especificações de projeto aos requisitos, obtendo assim as especificações de projeto, que podem ser observadas nos Quadros 7 e 8.

Quadro 7 - Especificações de projeto de maior importância.

POSIÇÃO	REQUISITOS DO PROJETO	ESPECIFICAÇÃO	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS A SER EVITADOS
1	Capacidade adequada	1000 kg	Pesagem	Superdimensionamento
2	Componentes padronizados	60%	Análise de projeto	Utilizar componentes especiais
3	Acionamento simples	1 botoeira/comando	Análise de projeto	Utilizar mais botoeiras por comando
4	Proteção das partes móveis	100%	Inspeção no projeto	Possibilidade de acidente
5	Botão de emergência	1	Análise de projeto	Ausência do botão de emergência
6	Conformidade com legislação	100%	Verificação com normas	Não atender requisitos
7	Altura de comandos	1,10 m	Inspeção no projeto	Posição anti-ergonômica para uso
8	Fabricação usual	100%	Avaliação do processo de fabricação	Elevar custo de fabricação
9	Dimensões dentro dos limites	350x1600x3090	Inspeção no projeto	Dimensões maiores que as especificadas
10	Facilidade de manutenção	Remoção em 100% das partes de proteção	Inspeção no projeto	Difícil acesso a pontos de manutenção
11	Velocidade de elevação	5,8 m/min	Análise de projeto	Prejudicar a operação
12	Velocidade de deslocamento	8 m/min	Análise de projeto	Prejudicar a operação
13	Altura de trabalho	90 cm	Análise de projeto	Posição anti-ergonômica para uso
14	Facilidade de uso	85%	Análise de projeto	Atrasar a operação do equipamento
15	Nível de ruído	< 80 dB	Medição	Gerar poluição sonora
16	Ferramentas usuais	100%	Verificação de projeto	Necessidade de ferramentas especiais
17	Materiais de fabricação mecânica	75%	Verificação de projeto	Limitação do desempenho funcional
18	Custo de produção	R\$ 30.000,00	Soma dos custos	Ultrapassar custo de produção

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Quadro 8 - Especificações de projeto de menor importância.

POSIÇÃO	REQUISITOS DO PROJETO	ESPECIFICAÇÃO	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS A SER EVITADOS
19	Vida útil	20 anos	Estipulada	Não atender especificado
20	Duração de manutenção	40 min	Monitoramento	Paradas de produção
21	Energia consumida	< 10 kWh	Medição	Consumo elevado de energia
22	Custo de manutenção	Máximo 5% do valor do equipamento a.a.	Controle de despesas	Elevados gastos com manutenção
23	Tolerâncias médias	Classe M ABNT ISO 2768-1	Aferir dimensões	Limitação do desempenho funcional
24	Repetitividade de movimentos	100%	Acompanhamento no processo	Desempenho indesejado durante operação
25	Alimentação compatível	220 V	Certificar da compatibilidade	Danificar o equipamento
26	Tempo de operação	< 2 min	Cronoanálise	Comprometer a entrega do processo
27	Custo de operação	< 20,00/h	Controle de custos	Elevar custo de produção
28	Baixo custo de materiais	100%	Análise de fornecedores	Elevar custo do equipamento
29	Baixo peso	< 3 t	Pesagem	Limitação da capacidade

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

3.2 PROJETO CONCEITUAL

Diferentemente da fase de projeto informacional que trata basicamente, da aquisição e transformação de informações, na fase de projeto conceitual, as atividades da equipe de projeto relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto.

Para Ferreira *apud* Mantovani (2011), o projeto conceitual é a fase do processo de projeto que gera, a partir do problema em estudo, uma concepção para um produto que atenda da melhor maneira possível esta necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto. Obtendo ao final desta fase a concepção do produto que deve satisfazer a função global.

3.2.1 Escopo do problema

Esta etapa consiste basicamente em ignorar o que é particular ou casual e enfatizar o que é geral e essencial. Para isso, uma reformulação do problema da forma mais ampla possível foi realizada, seguindo os seguintes passos:

1º Passo: Eliminar preferências pessoais.

Através da aplicação do método QFD (casa da qualidade), utilizado para a hierarquização dos requisitos de projeto, foi possível eliminar preferências pessoais.

2º Passo: Omitir requisitos sem relação direta com a função e com as restrições essenciais.

- Altura de comandos;
- Dimensões dentro dos limites;
- Velocidade de elevação;
- Velocidade de deslocamento;
- Altura de trabalho;
- Capacidade adequada;
- Acionamento;
- Alimentação.

3º Passo: Transformação das informações quantitativas em qualitativas e redução ao essencial.

- Altura ergonômica dos comandos;
- Dimensões adequadas ao espaço disponível;
- Velocidade de elevação adequada;
- Velocidade de deslocamento adequada;
- Altura ergonômica de trabalho;
- Capacidade adequada;
- Acionamento simples;
- Alimentação compatível.

4º Passo: Generalização dos resultados do passo anterior.

- Posição ergonômica;
- Dimensões adequadas;
- Velocidade de operação adequada;
- Capacidade adequada;
- Acionamento e alimentação compatível.

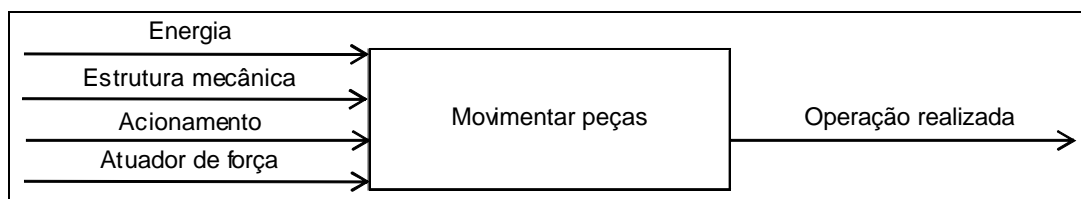
5º Passo: Formulação do problema sem a inclusão de soluções.

Possibilitar a descarga das chapas cortadas, de forma ergonômica, com capacidade e velocidades adequadas, dentro das dimensões disponíveis com acionamento e alimentação compatíveis.

3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

Realizando a análise dos requisitos funcionais, a função global do produto foi definida como: Movimentar cargas, podendo observar como entradas a energia elétrica necessária, a estrutura mecânica do equipamento, o modo ou trabalho realizado de acionamento e com este, o atuador que irá realizar o deslocamento, tanto horizontal como vertical. A Figura 12 contém a representação da função global.

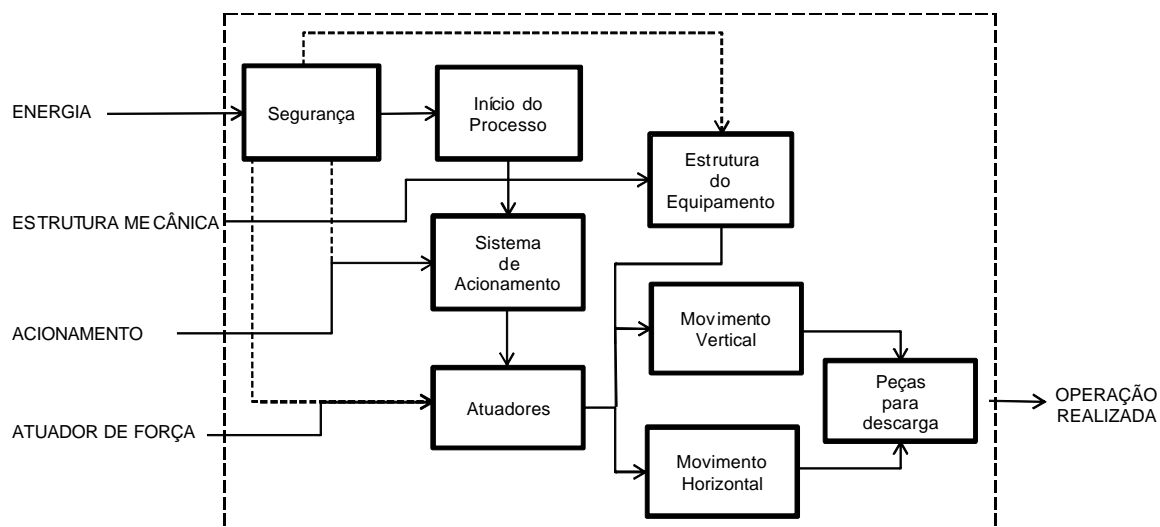
Figura 12 - Função global do produto.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

A decomposição da função global, ilustrada na Figura 13, além de facilitar a busca de soluções proporciona um melhor entendimento do problema do projeto, sendo a função global, o principal ponto de partida para a elaboração da estrutura de funções, efetivando a decomposição da função global em funções com menor complexidade pudemos observar que a estrutura de funções foi se desenvolvendo pela agregação de fluxos e pelo desdobramento das funções existentes em funções de menor nível de complexidade.

Figura 13 - Desdobramento da função global em subfunções.




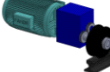




























Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

3.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Com a função global estabelecida e o desdobramento em subfunções dos componentes do equipamento, Figura 14, foram estabelecidos princípios de soluções para cada sistema do equipamento, de acordo com princípios já utilizados na indústria e com melhores condições de aplicabilidade no produto.

Figura 14 - Princípios de soluções para cada sistema do produto.

SISTEMAS	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÕES			
Movimento Horizontal	 Cremalheira	 Corrente	 Engrenagens	 Conjunto c/ rodado
Movimento Vertical	 Pistão Hidráulico	 Engrenagens	 Corrente	 Pistão Pneumático
Acionamento	 Botoeira suspenso	 Quadro comandos	 Alavanca	 Automático
Segurança	 Scanner	 Botão emergência	 Cortina segurança	 Cortina + Botão
Alojamento das peças	 Chapa plana	 C/ lateral	 Grades	 Inclinado em V
Estrutura do equipamento	 Perfil U	 Viga I	 Tubo	 Barra chata
Alimentação do equipamento	 Bateria	 Manualmente	 Painel solar	 Energia elétrica
Forma de rolamento (trilho)	 Perfil I	 Cremalheira	 Calha de rolamento	 Cantoneira

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

3.2.4 Combinar princípios de soluções

Combinando somente sub funções compatíveis e que atendam os requisitos de projeto, a fim de filtrar a diversidade de combinações possíveis, foram concentradas 3 concepções buscando o melhor funcionamento do equipamento e o melhor custo/benefício, Figura 15.

Figura 15 - Concepções estabelecidas pelas combinações de funções.

FUNÇÕES	CONCEPÇÕES		
	1	2	3
Movimento Horizontal	 Corrente	 Conjunto c/ rodado	 Cremalheira
Movimento Vertical	 Engrenagens	 Pistão Hidráulico	 Pistão Hidráulico
Acionamento	 Botoeira suspensa	 Quadro comand os	 Autom ático
Segurança	 Cortina + Botão	 Cortina + Botão	 Scanner
Alojamento das peças	 Chapa plana	 Chapa plana	 Grades
Estrutura do equipamento	 Viga I	 Viga I	 Barra chata
Alimentação do equipamento	 Energia elétrica	 Energia elétrica	 Energia elétrica
Forma de rolamento (trilho)	 Cantoneira	 Perfil I	 Cremalheira

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

3.2.5 Selecionar combinações

Para a seleção das combinações, primeiramente foi utilizado o julgamento da viabilidade, conforme Quadro 9, onde é possível observar a verificação das concepções que apresentam viabilidade ou não de poder integrar o produto que está sendo desenvolvido.

Quadro 9 - Julgamento de viabilidade das concepções.

CONCEPÇÃO	VIÁVEL	PARCIALMENTE VIÁVEL	NÃO VIÁVEL
Concepção 1	X		
Concepção 2	X		
Concepção 3	X		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Com as três concepções apresentando viabilidade, e com as subfunções estabelecidas na matriz apresentando disponibilidade de tecnologia para produção e utilização no equipamento, foi possível avaliar as concepções através do exame passa/não-passa. Foram estabelecidos questionamentos conforme Apêndice B, com base nas necessidades dos clientes para verificação do atendimento das soluções pelas concepções, conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Método de seleção passa/não-passa.

CONCEPÇÃO	PERGUNTAS									CONCLUSÃO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Concepção 1	P	P	P	p	p	p	p	p	p	Passa
Concepção 2	P	P	P	p	p	p	p	p	p	Passa
Concepção 3	P	P	np	p	p	p	p	p	p	Passa

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

3.2.6 Avaliar concepções

Utilizando o método da matriz de avaliação, que consiste em utilizar uma concepção como referência e comparativamente quantificar o quanto as outras concepções são melhores ou piores, valorando positivamente ou negativamente, com base nos requisitos dos clientes pré-estabelecidos no projeto, as avaliações foram realizadas e estão apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11 - Método da matriz de avaliação para seleção da melhor concepção.

REQUISITOS DOS CLIENTES	IMPORTÂNCIA	CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3
Projeto simples	16	0	1	-1
Fácil fabricação	7	0	0	0
Baixo custo de produção	3	0	-1	-2
Possuir itens de mercado	14	0	1	1
Energia compatível	9	0	0	0
Fácil montagem de componentes	9	0	-1	0
Ser seguro	4	0	0	-2
Ser ergonômico	1	0	1	-2
Fácil operação	5	0	-1	2
Ser confiável	13	0	1	1
Ser rápido	6	0	1	2
Atender o dimensional disponível	1	0	0	0
Baixo custo de manutenção	9	0	-1	-3
Fácil manutenção	12	0	1	-3
Vida útil adequada	8	0	1	1
Possuir componentes recicláveis	17	0	0	0
Ser de fácil descarte	14	0	1	1
	TOTAL	0	4	-5

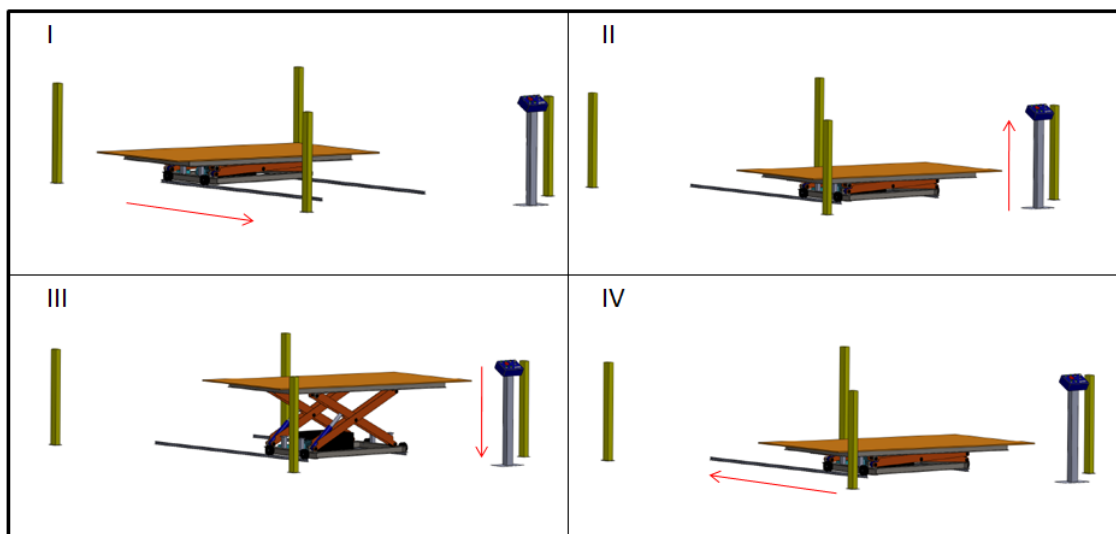
Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Utilizou-se a concepção 1 como referência, estabelecendo para esta o valor "0". Realizando análise comparativa das concepções "2" e "3", obteve-se os valores "4" e "5", respectivamente, concluindo assim que a concepção 3 é inferior à primeira e a concepção 2 superior, sendo esta a ideal conforme avaliação para seguimento do projeto.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após todas as etapas desenvolvidas, obtivemos a definição da concepção e arquitetura do equipamento, buscando atender as especificações de projeto pré-estabelecidas, para isso, utilizou-se a ferramenta *Solid Works* para a modelagem da concepção. É possível observar na Figura 16, a concepção do funcionamento do equipamento. A posição “I”, representa a posição de parada do equipamento, posição em que o equipamento receberá as peças cortadas e os retalhos de sucata descarregados pelo centro de corte a *LASER*. Ao final desta etapa, o operador acionará o movimento horizontal da mesa até a posição “II” e chegando-se ao final de curso deverá acionar o mecanismo de elevação, conforme posição “III”, ficando o equipamento a uma altura ergonômica, possibilitando a descarga das peças de forma segura. Após o descarregamento, o operador poderá baixar a mesma e deslocá-la ao ponto de parada, estando apta para a próxima operação.

Figura 16 - Movimentação a ser realizada pelo equipamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Para não ocorrer colisões ou danos nos equipamentos em operação, através do inter-travamento elétrico, não serão permitidos deslocamentos diferentes das funções descritas e ao mesmo tempo do deslocamento do equipamento de descarga do centro de corte a *LASER*.

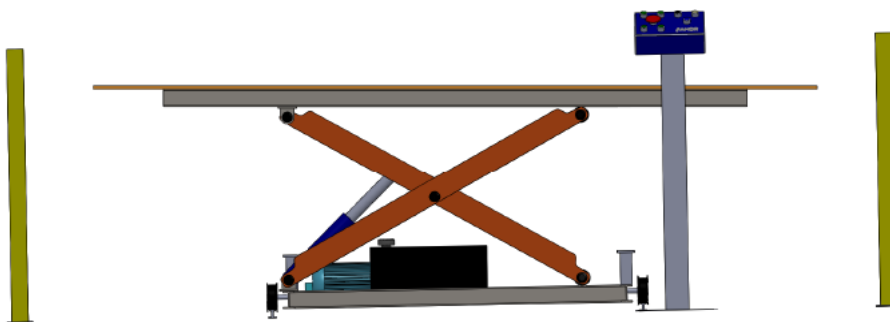
Para garantir a segurança na operação, a mesa possui barreiras de segurança com sensor infravermelho ao longo de sua área de atuação e qualquer intervenção no campo de atuação das barreiras, o equipamento interrompe seu deslocamento imediatamente e só é possível seu retorno, através do *Reset* e *Restart* nas botoeiras do painel de comando. Por segurança, os atuadores hidráulicos serão acionados através das botoeiras no painel de comandos, sendo necessário manter a botoeira pressionada para realizar o movimento completo desejado. Também, um botão de emergência, bloqueando totalmente a movimentação do equipamento, caso necessidade ou por interferência do operador fará parte do sistema de segurança. Detalhes da concepção do produto podem ser observados nas Figuras 17, 18 e 19.

Figura 17 - Vista lateral do equipamento.



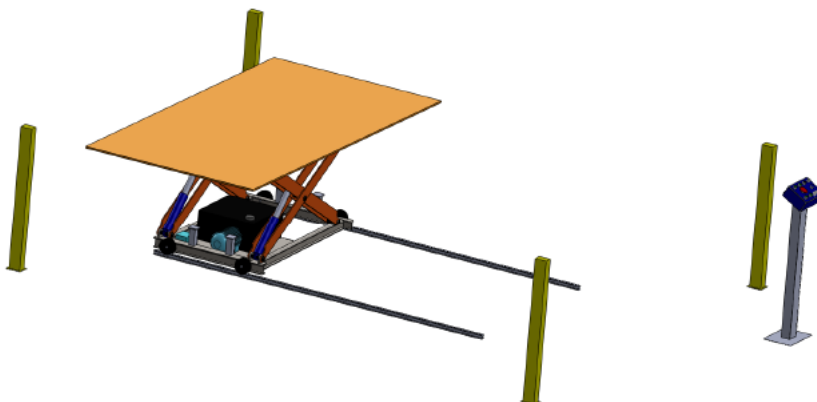
Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Figura 18 - Vista frontal do equipamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Figura 19 - Vista isométrica do equipamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Com a concepção do produto definida, foi possível definir os principais componentes do equipamento a fim de observar melhor suas características e viabilizar um orçamento estimado do produto. O Quadro 12 apresenta os principais componentes funcionais do equipamento e seus respectivos orçamentos.

Quadro 12 - Principais componentes e suas características.

COMPONENTES		ORÇAMENTO
 Cilindro Hidraulico	Cilindro hidráulico Parker de simples ação com retorno por força externa, haste de 1" e comprimento de haste de 400mm.	R\$ 1.085,00
 Válvula direcional	Válvula de controle direcional Parker 3/3 vias, acionamento por solenóide.	R\$ 525,00
 Unidade hidráulica	Unidade hidráulica com reservatório de treze litros, motor WEG de 1 cv, bomba de engrenagens com filtro.	R\$ 3.550,00
 Cortinas de segurança	Emissor e receptor de sinais mais espelhos Instrutec.	R\$ 1.773,63
 Painel de comandos	Painel de comandos com botões de comando iluminado e botão de emergência WEG.	R\$ 302,70
 Rolamentos c/ mancal	Nas partes móveis, há rolamentos diâmetro interno 25mm com mancais, a fim de reduzir atrito e facilitar a manutenção.	R\$ 52,30
 Aço para estrutura	Viga tipo "I" e barra retangular, fabricadas em aço laminado 1020, utilizado para a estrutura do equipamento.	R\$ 2,78 / kg

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Com a definição dos tempos e dos custos de fabricação, foi possível estimar o orçamento inicial do equipamento, que está apresentado no Quadro 13.

Quadro 13 - Orçamento estimado do equipamento.

COMPONENTES	QTDE	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Cilindro hidráulico	2	R\$ 1.085,00	R\$ 2.170,00
Válvula direcional	2	R\$ 525,00	R\$ 1.050,00
Unidade hidráulica	1	R\$ 3.550,00	R\$ 3.550,00
Cortinas de segurança	1	R\$ 1.773,63	R\$ 1.773,63
Painel de comandos	1	R\$ 302,70	R\$ 302,70
Rolamentos c/ mancal	24	R\$ 52,30	R\$ 1.255,20
Aço p/ estrutura	600	R\$ 2,78	R\$ 1.668,00
Motor hidráulico	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Mangueiras Hidráulicas	6	R\$ 75,00	R\$ 450,00
Sensor de fim de curso	2	R\$ 1.220,40	R\$ 2.440,80
Painel elétrico	1	R\$ 7.650,00	R\$ 7.650,00
PRODUÇÃO			
	Horas	Valor / hora	Valor Total
Corte Laser	1	R\$ 186,00	R\$ 186,00
Corte Serra fita	1,2	R\$ 112,00	R\$ 134,40
Solda	5	R\$ 154,40	R\$ 772,00
Pintura	1,5	R\$ 210,00	R\$ 315,00
Montagem	30	R\$ 10,00	R\$ 300,00
Instalação ponto energia + materiais	3	R\$ 300,00	R\$ 900,00
TOTAL			R\$ 27.417,73

Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Com isso, apresenta-se uma concepção que além de atender as necessidades dos clientes, possui grande vantagem comercialmente, tendo em vista que produtos similares disponíveis no mercado representam praticamente o dobro do valor do conceito proposto neste trabalho.

Após desenvolver e finalizar com êxito todas as etapas descritas nas fases, informacional e conceitual é possível afirmar que o melhor conceito possível para o produto foi constituído, atendendo aos requisitos de segurança e ergonomia exigidos, bem como reduzindo o tempo de entrega das peças fabricadas ao próximo cliente no processo.

5 CONCLUSÕES

Foi desenvolvido um projeto conceitual de um sistema capaz de possibilitar a descarga das chapas cortadas nos centros de corte a *LASER* em estudo, reduzindo o tempo de entrega das peças e realizando esta operação de forma segura e ergonômica.

Com a revisão da literatura buscaram se informações em bibliografias existentes que, de forma resumida, tiveram o intuito de conhecer melhor o assunto de estudo e para constituir o embasamento teórico do presente trabalho.

A metodologia identificada apresentou todos os passos propostos para o desenvolvimento do trabalho que foram seguidos, descritos e encaminharam para a utilização das ferramentas ideais para cada situação apresentada, resultando na concepção do produto que atende a todos os requisitos necessários para o projeto.

Conclui se assim, que a concepção desenvolvida neste trabalho, é a mais adequada ao problema apresentado, atendendo aos requisitos de segurança e ergonomia, reduzindo o tempo de operação total das peças e apresentando grande diferencial comercial em relação aos dispositivos já existentes.

Por fim torna-se importante salientar que o curso de engenharia mecânica realizado foi fundamental para a execução deste trabalho, que abrangeu as mais diferentes áreas da engenharia, pois este curso viabilizou, através da aplicação de conhecimentos e habilidades adquiridas, que fosse possível alcançar todos os objetivos traçados para o trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGA – Aktiebolaget Gasaccumulator. **Fatos sobre: Técnicas de corte LASER.** Apostila Técnica, 2005.

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

BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos – Planejamento, concepção e modelagem.** Barueri, São Paulo: Editora Manole, 2008.

BAGNATO, V. S. **Os fundamentos da luz LASER.** Física na Escola, vol.2, n. 2, 2001.

_____. **O magnífico LASER.** Ciência Hoje, vol. 37, nº 222, 2005.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos.** 2ª edição. Editora Edgard Blücher Ltda. 1995.

BYSTRONIC. **Byspeed 3015 - Tecnologia de corte.** Pinhais: Bystronic LASER AG, 2007.

_____. **Sistemas automatizados para máquinas de corte a LASER.** Disponível em: < http://www.bystronic.com.br/cutting_and_bending/br/pt/products/automation/>. Acesso em: 31/03/2012.

FILHO, E. R. **Projeto do produto. Textos da apostila do curso - 7ª edição,** 2004.

FONSECA, E. A. F. **Proposta de um quadro referencial para o desenvolvimento de um sistema de medição de desempenho para a gestão do ciclo de vida de produtos.** São Carlos. 2010. Tese de Mestrado – UFSCar.

FORCELLINI, F. A. **Desenvolvimento de produtos e sua importância para a competitividade.** Cap. 1, 2002.

GIMENES, L. JR. **Critérios para seleção de máquinas de corte LASER.** Apostila Técnica, 2006.

GIMENES, L. JR.; RAMALHO, J. P. **Soldagem LASER.** Apostila Técnica, 2006.

INSTRUTECH. **Cortinas de luz.** Disponível em: <<http://www.instrutech.com.br/cortinas.htm>>. Acesso em: 07/04/2012.

MAHLE, D. B. **Sistemas de segurança para máquinas e equipamentos.** Apostila técnica, 2008.

MANTOVANI, C. A. **Metodologia de projeto de produto.** Faculdade Horizontina. 2011. Trabalho não publicado.

MELLO, W. **O refinado corte LASER.** Siderurgia Brasil – 56 ed., 2009.

MICROAR. **Comando bi-manual.** Disponível em: <<http://www.microar.com.br/bimanual.htm>>. Acesso em: 08/04/2012.

QFD. **Software versão 1.1 – FREE.** Disponível em: www.qfd.com.br. Acesso em: 30 de setembro de 2012.

PAHL, G. *et al.* **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produto, métodos e aplicações.** Tradução Hans Andreas Wernwe; revisão Nazem Nascimento. – São Paulo: Edgar Blücher; 2005.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepção para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas.** Florianópolis. 2003. Tese – PPGEM – UFSC.

REIS, A. **Processos LASER em materiais.** Catálogo de fabricante, 2012.

RUDENKO, N. **Máquinas de elevação e transporte.** Trad. De J. Plaza. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1976.

SAFETYCAMP. **Safetycamp, automação e segurança.** Disponível em: <<http://www.safetycamp.com.br/detalhes.asp?d=5&s=29&p=41>>. Acesso em: 07/04/2012.

TRUMPF. **Corte de tubos em máquinas a LASER.** Disponível em: <<http://www.br.trumpf.com/produtos/m225quinas-ferramenta/produtos/corte-de-tubos-a-laser.html>>. Acesso em: 31/03/2012.

APÊNDICE A – Questionário de obtenção das necessidades dos clientes

Foram aplicados os seguintes questionamentos para os futuros operadores do equipamento, para a gerência da área e para os colaboradores da manutenção que irão efetuar os serviços de ajuste e reparos no equipamento, com a finalidade de conhecer as necessidades dos clientes:

- Quanto é o orçamento disponível para investimento no projeto?
- Quais são as condições para a instalação do equipamento?
- Qual o tempo que o equipamento terá para efetuar sua operação?
- Qual a capacidade de carga o equipamento deve possuir?
- Qual distância o equipamento deve percorrer?
- Qual a altura máxima e mínima que deve ser estabelecida?
- Qual o tipo de acionamento que o equipamento deve possuir?
- Quais normas devem ser seguidas para instalação, uso e manutenção do equipamento de exigência da empresa?
- Qual a vida útil necessária para o equipamento?

APÊNDICE B – Questionário para análise do método passa/não-passa

Com base nas necessidades dos clientes, foram estabelecidas 9 questões para auxiliar na tomada de decisão da escolha do melhor princípio de funcionamento do equipamento através do método passa/não-passa:

- As referidas concepções estão com seu custo de fabricação dentro da faixa pretendida de investimento?
- Os sistemas de acionamento e operação possuem comandos simples que facilitarão seu uso?
- Os requisitos de manutenção de tempo e custo estão dentro dos aceitáveis?
- As concepções apresentam características de confiabilidade para uso?
- Dos sistemas estabelecidos nas concepções, possuem componentes que apresentam elevada durabilidade?
- Os sistemas irão atender o requisito dimensional limitado do equipamento?
- Pelos sistemas de funcionamento propostos, haverá um grau satisfatório de eficiência de funcionamento?
- Os sistemas atendem a capacidade estabelecida para o equipamento?
- As concepções atendem as normas estabelecidas?