

INSTITUTO FEDERAL

Rio Grande do Sul
Campus Farroupilha

PROJETO CONCEITUAL DE DISPOSITIVO DE SOLDAGEM LINEAR

Roberto Andrighetti, robertoandrighetti@gmail.com¹
Giácomo Gai Soares, giacomsoares@farroupilha.ifrs.edu.br¹

¹Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Farroupilha. Av. São Vicente, 785 - Bairro Cinquentenário, Farroupilha - RS, 95180-000.

Resumo: *Buscando uma maior produtividade e qualidade nos processos de soldagem dentro da indústria, existem diversas frentes de desenvolvimento de melhorias de equipamentos e também novos métodos da aplicação da solda nas linhas de produção ou realizadas em campo. Os processos de solda MIG/MAG podem ser realizados por robôs de solda mas são em sua grande maioria, processos realizados manualmente por soldadores e por esse fato existem variações durante a execução dos cordões de solda, dentre elas, podemos destacar a velocidade de avanço da tocha, a linearidade do cordão, a distância do bico de contato da tocha em relação às peças, o comprimento dos cordões devido a necessidade do deslocamento do soldador, entre outras. Este trabalho visou demonstrar a aplicação de ferramentas importantes para o levantamento de dados para um projeto conceitual de elaboração de um dispositivo mecanizado de soldagem linear. Esse dispositivo teve finalidade eliminar algumas das variáveis do processo de soldagem. A aplicação dessas ferramentas evidencia as necessidades dos consumidores e do mercado, auxiliando na escolha de especificações que o produto deve apresentar para que atinja os requisitos identificados. Seguindo os procedimentos do projeto conceitual e analisando os dados trazidos por suas ferramentas foi possível fazer a escolha de uma entre três concepções levantadas que mais se adequou às necessidades demandadas pelos consumidores contribuindo para que o produto tenha maior potencial de sucesso e aceitação no mercado.*

Palavras-chave: *Soldagem, MIG, linear, Casa da Qualidade, projeto conceitual.*

1. INTRODUÇÃO

Um dos processos de soldagem que por muito tempo foi o mais utilizado é a soldagem com eletrodo revestido, ainda sendo utilizado nos dias atuais porém em menor escala pois o mesmo possui características e limitações que inviabilizam a utilização para se obter grandes escalas de fabricação e velocidade aceitável principalmente pela indústria. Outras desvantagens desse processo citadas por Veiga (2011) como, a questão da perda de parte do eletrodo que é a extremidade utilizada para prendê-lo ao porta eletrodo que varia entre 5 a 10%, a presença de escória que dificulta a visualização do cordão pelo operador, a necessidade de retirada dessa escória o que, além de representar perda de tempo, se torna um complicador pois podem existir regiões de difícil acesso. Ainda conforme Veiga (2011), o ciclo de trabalho com o processo de eletrodo revestido dificilmente ultrapassa 55% de tempo efetivo de soldagem.

Como alternativa para aumentar essa eficiência, a prática adotada na indústria é o uso de diferentes sistemas de soldagem por exemplo, a soldagem por arco elétrico com proteção gasosa que se subdivide em dois principais processos sendo eles o MIG (Metal Inert Gas) e MAG (Metal Active Gas). Segundo Wainer (1992), utilizam como fonte de calor um arco elétrico mantido entre um eletrodo nu consumível, alimentado continuamente, e a peça a soldar tendo a proteção da região de soldagem feita por um fluxo de gás inerte (MIG) ou ativo (MAG).

Marques, Modenesi e Bracarense (2009) destacam que a soldagem MIG / MAG e a de arame tubular (FCAW) são os processos que mais apresentaram crescimento em termos de utilização, nos últimos anos, em escala mundial devido à tendência da substituição dos processos manuais por processos semiautomáticos e mecanizados para obtenção de maior produtividade de soldagem.

Entre as principais vantagens do processo de soldagem MIG/MAG destacados por Veiga (2011) estão a elevada densidade de corrente aliada a alta velocidade de deposição do arame com alimentação contínua protegido por uma cortina de gás com bom equilíbrio entre tensão e corrente e o arco estável e direcionado apresenta uma quantidade de material depositado bem maior que os demais processos manuais.

Pode-se citar algumas limitações desse processo, que conforme Wainer (1992) são a necessidade da proteção contra correntes de ar em função do gás de proteção que pode, se não protegida ser dispersada, maior velocidade de resfriamento por não haver escória aumentando a chance de trincas, maior volume do equipamento necessário para a realização da soldagem.

Os processos MIG/MAG são processos de soldagem em que se utiliza arame de solda contínuo fazendo o papel de eletrodo e também de material de adição aumentando assim o aproveitamento. A alimentação desse eletrodo se dá através da tocha de soldagem que conforme traz a apostila ESAB (2015) também tem a função de guiar o gás de proteção para a região de soldagem e a energia de soldagem até o arame. A Figura 1 mostra os componentes básicos do processo de soldagem MIG que são: a tocha, o arame ou eletrodo, o arco elétrico formado entre eletrodo e a peça alvo e o gás de proteção.

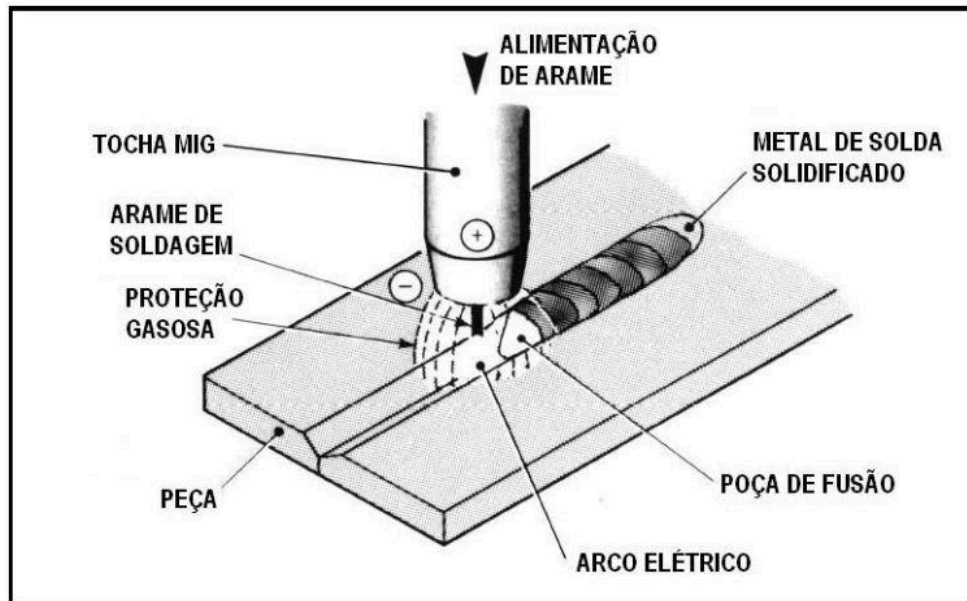


Figura 1. Representação do processo de soldagem MIG/MAG de ESAB (2005).

Conforme Marques, Modenesi e Bracarense (2009), na soldagem com eletrodos consumíveis, o metal fundido na ponta do eletrodo tem que se transferir para a poça de fusão. O modo que essa transferência ocorre é muito importante pois afeta muitas características como por exemplo estabilidade do arco, quantidade de gases que serão absorvidas pelo metal fundido principalmente hidrogênio, nitrogênio e oxigênio; os tipos de transferência também podem limitar determinadas posições de soldagem e também influenciam até mesmo na quantidade de respingos.

Existem quatro principais tipos de transferência do eletrodo fundido para a poça de fusão, as principais delas são a transferência por curto-circuito, globular, por arco spray e por spray pulsado. Para Veiga (2011) as características dos tipos de transferências, suas vantagens e desvantagens são descritas na sequência.

- Transferência por Curto-circuito (*Short Arc*): ocorre quando o arame sólido toca nas peças a serem soldadas. Esse processo ocorre diversas vezes por segundo enquanto houver alimentação do arame; possui velocidade de alimentação de arame, taxas de deposição e tensões mais baixas que outros métodos como por exemplo o por *spray*. Isso faz com que seja o método mais empregado pois permite soldar desde espessuras finas até maiores e em todas as posições de soldagem.
- Transferência Globular: usada mais comumente com arame de aço carbono e gás CO_2 que é o gás mais barato que as demais misturas, é utilizada em casos em que se deseja boa penetração. Esse tipo de transferência é compreendida entre a transferência de curto circuito e a de arco por *spray*. Ela apresenta algumas desvantagens tais como a existência de respingos que representam desperdício e também o seu acabamento superficial é pior que os demais tipos de transferência. Também apresenta limitações de uso como, por exemplo, a espessura mínima do material a ser soldado é indicada de 3,00 mm e limita-se a posição de soldagem plana e filetes horizontais. Ela também pode acabar causando a “colagem” do cordão ou falta de fusão em função das gotas metálicas serem grandes, geralmente maiores que o diâmetro do arame.
- Transferência por Arco *Spray*: assim conhecida por ser formada pela transferência de pequenas gotas do arame de solda em direção ao metal base, fundido pelo arco. As gotas fundidas são normalmente menores que o diâmetro do arame. Devido a alta tensão, velocidade do arame e corrente envolvida, a transferência por arco *spray* apresenta alta deposição, boa fusão e penetração, pouco respingo e bom acabamento. Entre as desvantagens destaca-se a limitação da posição de soldagem plana e horizontal e o uso de gases com maior custo ricos em argônio; sua aplicação é indicada para espessuras maiores.
- Transferência por *Spray Pulsado*: possui funcionamento semelhante a transferência por arco *spray*, porém é controlada pela pulsação da fonte de energia onde a gota fundida é transferida no momento em que houver a corrente de pico enquanto a corrente de base mantém o arco aberto mas sem a transferência de metal para a poça de fusão. Essa pulsação permite um pouco de resfriamento durante a corrente de base o que possibilita a soldagem de materiais de menor espessura e também favorece a soldagem fora da posição plana. Dentre as vantagens desse método de transferência podemos citar a soldagem em todas as posições, uma gama maior de

espessuras de materiais a serem soldados, a grande variedade de ligas de materiais que podem ser soldados, a baixa incidência de respingos, menor distorção por aplicar menos calor ao material, a remoção de impurezas da poça de soldagem entre outras.

Com a automatização ou a mecanização do movimento da tocha durante a realização da soldagem, consegue-se aumentar a estabilidade do processo que, combinada com a escolha das condições de operação visa reduzir a variação de parâmetros de soldagem e, conseqüentemente, reduzir a chance da ocorrência de defeitos. Para se obter uma solda de qualidade devem ser utilizadas as técnicas corretas e manter a estabilidade dos quatro principais parâmetros de soldagem que segundo a apostila da ESAB (2015) são descritos nos tópicos seguintes:

- Corrente - responsável pela taxa de fusão do arame e a sua velocidade de alimentação, e pelo calor adicionado à junta. Quanto maior a corrente maior a temperatura e maior a penetração no metal base, aumentando também a taxa de deposição de material.
- Extensão do eletrodo - é a distância entre o bico de contato e o final do eletrodo. Essa extensão do arame livre é também conhecida como *Stick-out* que é demonstrado na Fig 2, e se relaciona com a velocidade de fusão do eletrodo, afeta a corrente de soldagem necessária para o arame a uma dada velocidade. Com o aumento do *Stick-out* o calor também aumenta causando o aumento da velocidade de fusão do eletrodo. O controle do *Stick-out* é muito importante pois se sua diminuição for bastante significativa o calor gerado será menor e pode não ser suficiente para fundir o eletrodo corretamente; se estiver muito elevado, o arco elétrico pode se tornar instável podendo tornar ineficiente ou impedir a proteção gasosa causando porosidade na poça de fusão.
- Tensão ou voltagem - responsável pela fusão do material depositado e pelo comprimento do arco que por sua vez, influencia na forma da poça de fusão, quanto maior a tensão maior a quantidade de material depositado porém uma tensão muito elevada pode causar instabilidade do arco, porosidade e o defeito chamado mordedura.
- Velocidade de soldagem ou de deslocamento - responsável pela quantidade de energia cedida a peça. Quanto maior a espessura da peça menor deve ser a velocidade de avanço. Velocidades demasiadamente baixas encarecem o processo e podem causar alterações metalúrgicas na junta devido ao excesso de energia acrescido, velocidades altas podem acarretar em falta de fusão, menor penetração, menor largura do cordão e possíveis mordeduras, a constância na velocidade é extremamente importante para que não sejam incluídos todos esses defeitos em uma única junta.

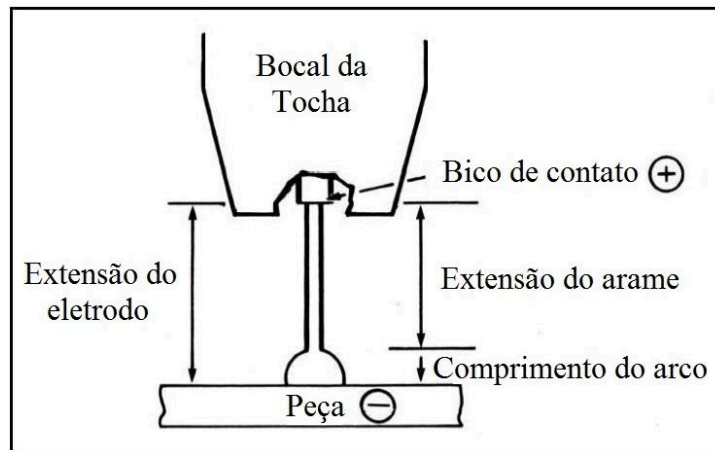


Figura 2. Demonstração *Stick-out* e comprimento de arco de ESAB (2015).

Nos processos de soldagem o que diferencia um tipo de operação entre manual, mecanizada ou automatizada são as atividades necessárias para a confecção da solda. Dentre as operações estão a abertura e manutenção de arco, alimentação do material de adição, controle do calor cedido e da penetração, deslocamento da tocha, seguimento da junta, direcionamento da tocha e do arco e mudanças e compensações para variações na preparação ao longo da junta. Como a automação do processo pode ser parcial, com funções ainda desempenhadas pelo soldador, esse processo pode ser chamado de semiautomático ou, segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2009), o termo mais adequado seria semimecanizado e sendo dessa forma, sugerem a seguinte classificação apresentada na Tab 1.

Tabela 1. Tabela de classificação dos processos de soldagem de Marques, Modenesi e Bracarense (2009).

Atividades	Tipo de operação			
	Manual	Semimecanizado	Mecanizado	Automático
Abertura e manutenção do arco	Soldador	Máquina	Máquina	Máquina
Alimentação de material	Soldador	Máquina	Máquina	Máquina
Controle de calor	Soldador	Soldador	Máquina	Máquina
Deslocamento da tocha	Soldador	Soldador	Máquina	Máquina
Procura e seguimento de junta	Soldador	Soldador	Soldador	Máquina
Direcionamento da tocha e do arco	Soldador	Soldador	Soldador	Máquina
Correções e compensações	Soldador	Soldador	Soldador	Máquina (podendo ou não ocorrer)

Conforme Marques, Modenesi e Bracarense (2009) os processos considerados automatizados são os que fazem todas as etapas através da máquina e são capazes de seguir juntas de solda com capacidade de alteração no direcionamento fazendo correções quando necessário. Esse processo é conhecido como robotizado e está sendo difundido cada vez mais na indústria, sendo a indústria automotiva a pioneira em sua aplicação e a que até os dias atuais faz o seu uso em maior escala. Os robôs de solda apresentam grandes vantagens pela sua grande precisão tanto no posicionamento da tocha e repetibilidade de movimentos quanto a manutenção de parâmetros durante o processo de soldagem, porém, seu elevado custo ainda impede que empresas de menor porte possam fazer o uso deles. Outra questão bastante importante sobre o uso de robôs é que seu uso exige precisão na pré-montagem dos conjuntos a serem soldados, exigindo na maioria das vezes a fabricação de gabaritos, o que pode encarecer ainda mais o processo.

As vantagens da mecanização da condução da tocha de soldagem vão além da alimentação contínua do material de adição e passam também por permitir cordões de solda com maiores comprimentos eliminando as paradas obrigatórias em uma solda manual que pode ser um problema caso seja necessário algum tipo de ensaio com a peça pois, nesse caso todo início e fim de cordão devem ser descartados.

O objetivo deste trabalho consiste em desenvolver o projeto conceitual de um equipamento de deslocamento da tocha de soldagem em movimento linear mecanizado que possibilite que esta tenha movimentos iguais aos recomendados ao soldador que faz o uso manual da tocha permitindo assim, diversas geometrias do cordão de solda, e principalmente se destacasse por fazer o uso de suporte para tocha permitindo a maior facilidade de manter os parâmetros estáveis retirando do processo quaisquer variação que possam ser introduzidas por variação na condução da tocha manualmente.

Ao longo do desenvolvimento do trabalho serão mostradas as ferramentas que devem ser utilizadas para a escolha das melhores alternativas no desenvolvimento de um projeto conceitual de um equipamento mecanizado de condução linear de uma tocha de soldagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Projeto Informacional

Para o desenvolvimento de um produto ou projeto, o primeiro passo é o projeto informacional, conhecido também como a definição da tarefa ou planejamento do produto. Segundo Maximiano (2014), a decisão de desenvolver um produto começa com a percepção e o esclarecimento de um problema, oportunidade ou ideia criativa gerando o plano básico ou termo de abertura.

Para Baxter (2000), o planejamento do projeto começa com a estratégia de desenvolvimento e termina com as especificações do produto e deve incluir a identificação de uma oportunidade, pesquisas de marketing, análise de produtos concorrentes, propostas do novo produto, especificação do projeto, etc. Um bom planejamento deve ter uma meta bem definida, uma justificativa da oportunidade incluindo termos financeiros e também um estudo do mercado trazendo suas necessidades.

Um método que visa obter vantagem competitiva no mercado, trata da percepção antecipada das necessidades sem que as mesmas sejam declaradas. Esse método chamado de método para percepção de necessidades de consumidores foi criado por Carpes (2014) e é composto por 8 etapas:

- Etapa 1- A primeira etapa é a definição da finalidade da aplicação do método e dos objetivos que se deseja alcançar, definição de parâmetros para obtenção de ideia capaz de gerar produtos.
- Etapa 2- A definição do mercado de atuação da empresa - levantamento das atividades desenvolvidas (estão em conformidade com as metas da empresa?), por se referir a metas, estão em constante atualização.
- Etapa 3- Definição dos clientes potenciais, os produtos devem satisfazer um grupo de indivíduos.
- Etapa 4- Coleta de informações - gerar base de dados com tendências, perspectivas, valores, comportamentos, descobrimento de nichos.
- Etapa 5- Pesquisa e avaliação das mudanças ocorridas - mudanças podem ocorrer diariamente, deve-se fazer a seleção das mais importantes.
- Etapa 6- Pesquisa e avaliação das alterações percebidas - parte de uma mudança selecionada, observa-se as alterações provocadas e percebidas pelo indivíduo, como elas o afetam.
- Etapa 7- Concepção e avaliação das formas de adaptação - maneira de amenizar ou ter a melhor adaptação devido aos efeitos causados pela alteração percebida. Após as tomadas de ação deve-se questionar se as adaptações resolveram ou criaram mais problemas.
- Etapa 8- Concepção e avaliação das ideias de produtos - realizadas a partir da escolha da forma de adaptação, pode gerar várias alternativas de produto.

Algumas questões devem ser levantadas a fim de facilitar a identidade e o posicionamento do produto e sua colocação no mercado. Isso é muito importante pois é o que pode contribuir para definir como ele será visto e garantir que o consumidor associe o produto com a atividade à qual se propõe. Essas questões fazem parte da descrição da ideia do produto que, segundo Carpes (2014), é uma etapa fundamental pois a ideia de um produto novo deve servir de entrada para a metodologia de projeto de produtos adequada. Algumas dessas questões são:

- Descrição do produto - deve passar uma ideia do que se trata o produto com suas principais características.
- Nome do produto - deve ser simples e pode conter uma característica ou qualidade que se deseja salientar, deve ser associado à finalidade do produto.
- Necessidades atendidas pelo produto - podem ser já existentes ou criadas a partir do produto, nesse caso deve ser feita uma descrição dessa necessidade criada.
- Função do produto - descreve o que o produto faz.
- Quem são os clientes - qual seu perfil, faixa etária, classe social, grau de instrução e demais características.
- Onde será utilizado - locais nos quais o produto se aplica como residências, indústrias, escritórios, se serve para ambientes abertos ou fechados etc.
- Qual mercado ele atende - regional, nacional ou internacional.
- Existência de concorrentes - levantamento de concorrentes para que se conheça seus produtos e também se tenha contato com seus consumidores.
- Vantagens e desvantagens de concorrentes - podem ser levantadas com seus consumidores a fim de se obter suas especificações e seus pontos fortes e fracos para poder destacar e melhorar as vantagens do próprio produto.
- Evidências de que o mercado irá comprar o produto - avaliação de viabilidade do consumo do mercado e possíveis expansões.

Ainda conforme Carpes (2014), os requisitos do produto representam os desejos dos consumidores juntamente com exigências de projeto. Por exemplo, exigências técnicas ou econômicas, fatores de mercado, necessidades decorrentes do uso, necessidades para sua produção, normas, padrões ou diretrizes. Tais requisitos também são usados como limitadores para o projeto pois fazem com que ele seja focado em atender a proposta inicial tomando o cuidado para que isso aconteça respeitando especificações e restrições impostas pelas exigências. Não menos importante, o que também baseia os requisitos são as qualidades que o produto deve ter como: requisitos de segurança, de estética, de produtividade, de ergonomia, de sustentabilidade, de funcionalidade, de operacionalidade e de economia.

Para que um produto possa ser lançado e atenda a necessidade do cliente com maior assertividade, é preciso fazer pesquisas ou um levantamento de dados que traga informações importantes para definir os requisitos que o produto terá e também ajudar a definir os rumos que o projeto deve seguir para que não sejam desperdiçados recursos com reprojeto ou reduzir as chances de que se corram riscos como ofertar um produto que não atenda a demanda do mercado. Conforme Baxter (2000), um produto com uma especificação clara e precisa antes de começar o desenvolvimento, tem três vezes mais chances de sucesso.

Segundo Carpes (2014) no auxílio para determinação das especificações do projeto podemos usar algumas ferramentas tais como tabelas que relacionam os requisitos do produto determinando por exemplo, suas unidades de medida e especificações como também características dos produtos concorrentes e valores alvo aos quais o projeto deve ser aproximar em alguns dos quesitos para que apresente números esperados pelos consumidores. Esses valores alvo muitas vezes podem ser derivados de comparativos com produtos próprios já existentes ou até mesmo de concorrentes. Essas tabelas podem ser usadas para o levantamento de quais propriedades são desejadas e qual a importância das mesmas para o desenvolvimento do produto e até mesmo o efeito que tais características causam ao produto.

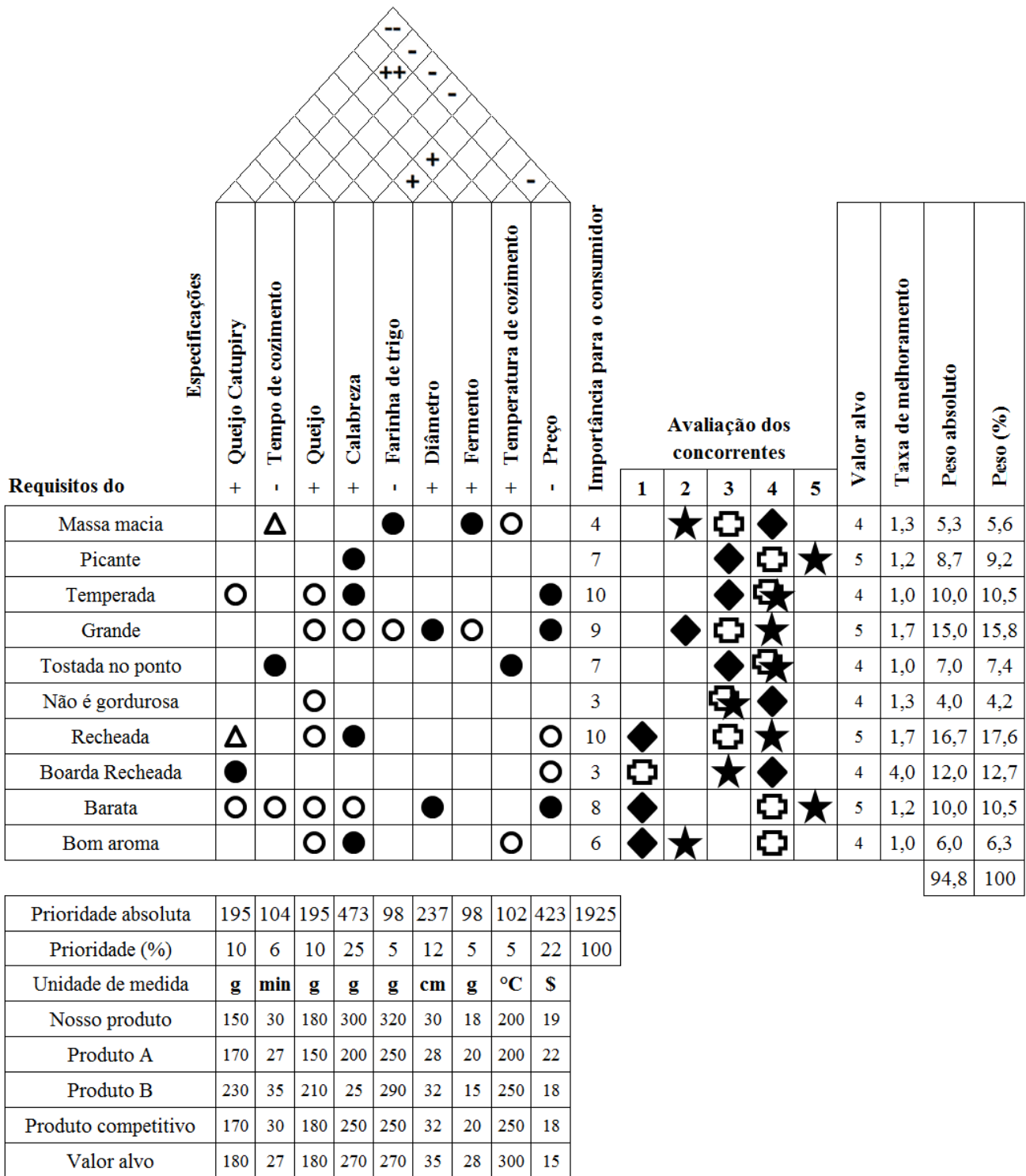
Outra forma de definir os requisitos e especificações que o projeto deve seguir é fazer o uso da ferramenta chamada *Quality Function Deployment*, QFD, ou desdobramento da função qualidade. Essa ferramenta, que foi desenvolvida no Japão, utiliza nove campos para determinar o melhor conceito de produto. A Casa da Qualidade é usada para se obter o

melhor conceito de produto e orientar o desenvolvimento desse conceito e, segundo Maximiano (2014), QFD é uma técnica que procura transformar a voz do cliente em características do produto e chegar até a definição do processo produtivo.

A Casa da Qualidade trazida por Carpes (2014) traz informações como requisitos, a importância deles, especificações, entre outros que serão mostrados a seguir. A Figura 3 traz um exemplo de casa da qualidade e indica em qual posição cada um dos campos deve ser preenchido.

- Campo 1 - apresenta os requisitos importantes ligados à qualidade do produto e aos atributos que são exigidos pelo consumidor.
- Campo 2 - nesse campo é atribuído um peso ou grau de importância que o cliente normalmente atribui aos itens levantados no campo 1, esse peso será de 1 a 10 aumentando quanto mais importante ao consumidor.
- Campo 3 - deve ser usado para comparar os requisitos do campo 1 entre um produto similar produzido pela empresa e ou produtos de concorrentes; essa avaliação tem valores que variam entre 1 e 5 em ordem de relevância.
- Campo 4 - usado para o cálculo da taxa de melhoramento e o peso percentual de cada requisito. A taxa de melhoramento é gerada pela divisão da melhor avaliação de um concorrente pelo valor do produto da empresa, Caso não haja produto da empresa ou de concorrentes, a taxa de melhoramento deve ser considerada 1. Para o cálculo do peso percentual deve-se calcular o peso absoluto de cada requisito multiplicando a taxa de melhoramento pelo peso atribuído pelo consumidor e soma-se todos os pesos absolutos. Por fim, para se chegar ao peso percentual de cada atributo, divide-se o seu peso absoluto dele pela soma de todos os pesos absolutos.
- Campo 5 - alimentado com as especificações técnicas do produto ou características do projeto que são mensuráveis como por exemplo, massa, potência, dimensões, etc.
- Campo 6 - contém as unidades de medidas das especificações levantadas no campo 5 e os valores relativos ao produto proposto e dos seus concorrentes. Também se estabelecem valores aceitos para que o produto seja competitivo e também valores desejados ou valores alvo para o próprio produto.
- Campo 7 - é a matriz central da casa da qualidade, relaciona os requisitos e as especificações do produto. Essa relação se refere à intensidade de relação entre os itens e se classifica em quatro níveis: forte sendo 9 pontos, médio, 3 pontos, fraco, 1 ponto e nenhum com 0 pontos; nesse caso, se deixa o quadrante em branco.
- Campo 8 - importância ou prioridade das especificações. Para o cálculo da prioridade absoluta é feito o somatório das multiplicações da pontuação obtida na matriz de relacionamento pelo peso percentual de cada especificação. Para a determinação do percentual de cada prioridade, divide-se a prioridade absoluta de cada item pelo somatório de todas as prioridades absolutas.
- Campo 9 - chamado de telhado da casa da qualidade, relaciona entre si todas as especificações do produto classificando-as entre fortemente positivas, positivas, negativas e fortemente negativas.

Como resultado da Casa da Qualidade, obtemos as especificações técnicas do produto em grau de importância. Os valores alvo levantados após as comparações dos valores do produto em desenvolvimento ou produto já existente da empresa com produtos concorrentes e suas unidades de medida para facilitar a compreensão. Esses valores são retirados do campo 4 da QFD na linha de percentual de prioridade e apresentados em ordem crescente de importância. Podemos observar na Tab 2 que traz um exemplo sugerido por Carpes (2014) de resultado extraído da Casa da qualidade cuja matriz foi mostrada na Fig 3.



Legenda

Relacionamentos:

Requisitos x especificações

Forte ● (=9)

Médio ○ (=3)

Fraco △ (=1)

Vazio (=0)

Relacionamentos:

Requisitos x especificações

Fortemente positivo ++

Positivo +

Negativo -

Fortemente negativo --

Nosso produto ⊕

Produto A ◆

Produto B ★

Figura 3. A Casa da Qualidade de Carpes (2014).

Tabela 2. Grau de importância das especificações segundo a Casa da Qualidade de Carpes (2014).

Especificações	Valor	Unidade de medida	Grau de Importância
Calabresa	270	g	1°
Preço	15	R\$	2°
Diâmetro	35	cm	3°
Queijo	180	g	4°
Queijo catupiry	180	g	5°
Tempo de cozimento	27	mín	6°
Temperatura de cozimento	300	°C	7°
Farinha de trigo	270	g	8°
Fermento	28	g	9°

2.2. Projeto Conceitual

É a etapa em que são gerados os conceitos ou principais soluções aplicáveis ao produto baseada na lista de especificações originada previamente no projeto informacional. Baxter (2000) diz: “faça o possível para gerar o maior número de conceitos e selecione o melhor deles”. As soluções técnicas levantadas são avaliadas em conjunto com fatores econômicos visando a viabilidade produtiva e comercial.

Para Valdiero (2002), o projeto conceitual deve partir de uma necessidade bem definida e após uma exaustiva geração de ideias, levantando diversos aspectos sobre o produto passando pela avaliação de possíveis concepções e, com isso, se chegar a uma solução conceitual viável e capaz de atender a demanda através da escolha de uma das concepções para que seja a inicial para o desenvolvimento do produto.

Conforme Carpes (2014), o projeto conceitual é realizado na maioria das vezes por dois possíveis métodos: o método da síntese de funções, que busca definir a função global do produto e dividi-la em uma estrutura de funções e o método da estruturação do produto em parâmetros, que busca definir o objetivo do produto e dividi-lo em parâmetros. Esses métodos serão descritos abaixo.

- Método da síntese de funções - se baseia em identificar os problemas essenciais, estabelecer a estrutura de funções, buscar soluções alternativas e, por fim, avaliar essas soluções sob aspectos técnicos e econômicos. Na determinação da função global do produto o método descreve o que realmente o produto fará através de um verbo no infinitivo por exemplo “o produto deve soldar peças”. Após esse passo deve-se dividir o produto em partes, e para isso questiona-se como executar a função global. Essa divisão em sub funções é feita até o nível mais baixo dentro do produto Para estabelecer a hierarquia entre as sub funções se faz a pergunta “como fazer essa função?”. Na Fig 4 é mostrado um exemplo de síntese de funções de uma máquina lava roupas. Carpes (2014) ainda pontua que além das funções consideradas de uso do produto e suas subfunções, existem outras funções relacionadas a aspectos estéticos como forma, cor e estilo e também aspectos de inovação, ergonomia e segurança.

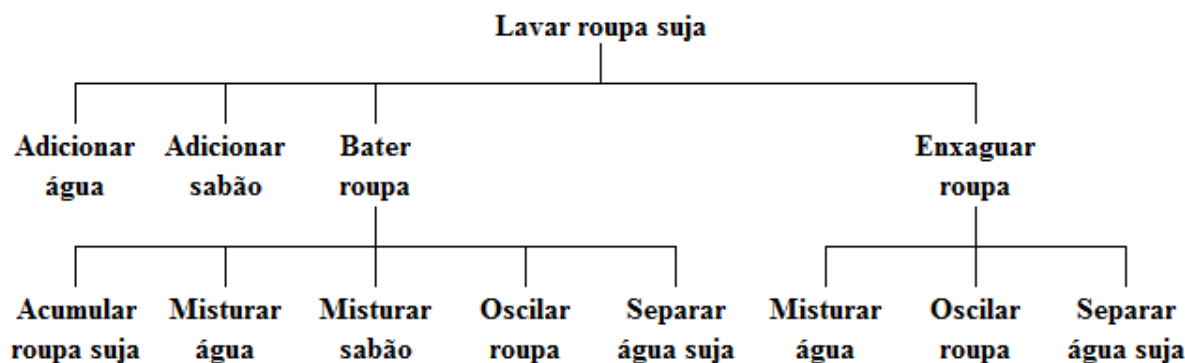


Figura 4. Síntese das funções e subfunções globais do produto de Carpes (2014).

- Método da estruturação do produto em parâmetros - tem por objetivo inicial definir a finalidade do produto ou qual necessidade ele irá satisfazer para, após isso, fazer a divisão do produto em parâmetros. Essa divisão é feita em blocos ou subsistemas necessários para que o produto funcione ou cumpra a função global. Após essa divisão em subsistemas é necessário buscar alternativas para cada uma delas e para isso é usada a matriz morfológica que traz as subfunções e diversas alternativas para cada uma delas conforme exibido na Tab 3.

Para o levantamento de tais alternativas são utilizadas técnicas de estímulo à criatividade, pesquisas em literatura, catálogos de projetos, análises de sistemas existentes.

Tabela 3. Matriz morfológica das alternativas dos parâmetros de Carpes (2014).

Parâmetros	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Propulsão	Vapor	Eólica	Motor a Diesel	Motor a Gasolina
Casco	Duplo tipo catamarã	Simple	Tipo canadense	Inflável

Para Carpes (2014) na sequência da apresentação das alternativas é necessário avaliá-las a fim de selecionar as mais adequadas ao produto observando critérios de avaliação como critérios econômicos, de segurança, viabilidade de fabricação, confiabilidade, operacionalidade, manutenibilidade, etc. Para decidir quais desses critérios terá mais importância deve-se avaliar o produto e as exigências de seus consumidores. Para ajudar na tomada de decisão é recomendado o tabelamento dos critérios julgados como principais e pontuá-los para que, fazendo a soma da pontuação de cada alternativa seja possível identificar a que mais se destaca. A Tab 4 mostra um exemplo trazido por Valdiero (2002) em que cada característica trazida deriva do campo dos requisitos do consumidor da casa da qualidade e avalia como cada concepção se sai perante o peso determinado no campo Peso percentual.

Tabela 4. Avaliação das concepções segundo critérios de características desejáveis de Valdiero (2002).

Características desejáveis	Peso	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4
Potência	4,2	9	6	10	9
Manobrabilidade	13,7	3	7	9	8
Versatilidade	16,8	7	6	9	8
Durabilidade	18,9	7	6	7	9
Manutenibilidade	11,6	8	9	6	8
Segurança	10,6	6	8	8	8
Aparência	3,2	3	5	6	9
Custos	21	7	9	1	8
Pontos	100	641,8	729,5	643,4	826,3
Grau de Satisfação Relativa (%)	100	64,18	72,95	64,34	82,63

Baxter (2000) diz que o projeto conceitual só pode ser considerado terminado quando se chega a um conjunto de princípios funcionais e de estilo para o produto, resultando na satisfação das especificações das oportunidades.

Antes do início da fabricação, testes ou até mesmo prototipagem, os produtos devem passar pelas etapas de projeto preliminar e projeto detalhado. Essas etapas não fazem parte do escopo deste trabalho porém uma breve descrição delas será apresentada na sequência.

2.3. Projeto Preliminar

É a etapa onde se determina a configuração do produto fazendo o uso das alternativas do projeto escolhidas com base nas decisões trazidas no projeto conceitual para permitir a produção e o funcionamento em conformidade com as especificações. Segundo Carpes (2014) o princípio que deve orientar o projeto preliminar é a busca do cumprimento das especificações, mantendo a ideia de desenvolver um produto simples e claro em sua essência. Com isso ele se refere a intenção de que um produto demasiadamente complexo e que não tenha clareza na sua fabricação e utilização será um produto que apresentará tendência de ter problemas prematuros tanto de fabricação, utilização e até mesmo pode encurtar sua vida útil antecipando manutenções ou causando recall.

Ainda segundo Carpes (2014) o primeiro passo dentro do projeto preliminar é decidir com qual tipo de configuração o produto será formado, ele pode ser concebido usando a configuração integrada onde uma função do produto pode estar distribuída por várias partes do produto, não havendo relação exclusiva entre os subsistemas que eles executam. Essa configuração é recomendada para produtos simples, de fabricação única ou sob demanda. A vantagem desta configuração é a agilidade na geração do produto porém isso pode trazer futuras desvantagens caso haja necessidade de alterações deste produto pois mesmo a alteração de um único componente pode acarretar a alteração em boa parte do produto. Outra possibilidade de configuração é a modular, nesse caso, cada módulo terá sua função

específica e clara sendo ele o único módulo com essa função dentro do projeto. Quando se opta por esse tipo de configuração, por cada módulo ser independente pode-se projetá-los separadamente com os únicos cuidados de padronizar a interface entre eles e que o dimensional dos mesmos respeite o que se projetou ao produto final. Com módulos bem projetados e com suas funções bem definidas passa a existir a possibilidade de utilização desses módulos em outros produtos gerando assim diversas vantagens para a empresa devido a padronização, facilitando a compra de componentes, abrindo a possibilidade de maiores lotes de fabricação e até mesmo a estocagem desses módulos prontos para diversas aplicações, essa modularização que se assemelha em muito com a intercambiabilidade, se aplica principalmente a produtos que apresentam a necessidade de modificações frequentes.

2.3.1. Projeto Detalhado

O projeto detalhado usa os resultados obtidos no projeto conceitual para determinar como o produto será produzido, Baxter (2000) menciona que essa é a etapa responsável por apresentar um conjunto completo de especificações do produto e se refere a lista de instruções para a fabricação do produto, nesse momento surge uma exigência maior de conhecimento técnico, conhecimento sobre materiais e processos de fabricação.

Trata-se da última etapa da metodologia de projeto e Carpes (2014) sinaliza que é nela onde se gera a documentação capaz de permitir a produção do produto, incluindo informações sobre a configuração do produto, dimensões do produto e de seus componentes, tolerâncias adotadas, materiais, métodos de produção, estrutura do produto e custos. Para viabilizar a produção do produto ou equipamento é necessário a confecção de seus desenhos de fabricação incluindo desenhos de peças e conjuntos onde devem estar contidas as informações relevantes como tolerâncias, tipos de acabamento, sequências de montagem, qual a matéria prima deve ser utilizada e qual o método de fabricação.

3. METODOLOGIA

Para se chegar a necessidade da criação e alcançar os resultados esperados do projeto conceitual do dispositivo mecanizado de soldagem linear foram aplicadas as ferramentas apresentadas na metodologia, algumas delas aplicadas na íntegra e outras parcialmente aplicadas por terem alguns dados ou passos que não se aplicam para essa etapa do presente trabalho.

Com o uso do método da percepção antecipada das necessidades nasceu a necessidade de se desenvolver um dispositivo para atender uma demanda do mercado que trata da melhoria do processo de soldagem, diminuindo a necessidade de paradas ao longo de um cordão de solda e também do deslocamento da tocha e da aparelhagem sem que a soldagem esteja sendo realizada nesse momento. Outra característica muito importante que se pretende mitigar ou eliminar é a questão de variações dos principais parâmetros durante o processo de soldagem porém, se pretende fazer tudo isso de forma alternativa ao que se tem no mercado principalmente evitando a necessidade do uso de robôs de solda pois seu custo é bastante elevado e exige grande adaptação do processo e até mesmo reprojetado de peças para possibilitar sua utilização.

Após a identificação da necessidade de um dispositivo para tal função, partiu-se para o uso da ferramenta de descrição da ideia do produto e ficou definido que se trataria de um dispositivo mecanizado de soldagem linear. Dessa forma procurou-se deixar clara, na descrição do nome, a finalidade do produto dando ideia de sua forma de funcionamento. As ideias do dispositivo foram criadas através da intenção de atender as demandas levantadas anteriormente buscando obter vantagens sobre processos e equipamentos já existentes.

Entre as ferramentas indicadas para auxiliar no desenvolvimento do produto foi optado pela utilização da ferramenta Casa da Qualidade pois ela é bastante completa. Essa ferramenta utiliza dados importantes como os requisitos e atributos necessários para atender a demanda dos consumidores com seu devido peso atribuído e as especificações técnicas mensuráveis de engenharia que o produto deverá apresentar. A utilização da Casa da Qualidade é bastante recomendada pois ela, além de tornar visíveis tais itens e suas importâncias, leva a busca das interações entre os itens e o cruzamento entre requisitos e especificações a fim de ajudar na definição do grau de importância das especificações técnicas de maneira a nortear quais delas deverão receber mais importância no projeto conceitual.

3.1. Casa da Qualidade

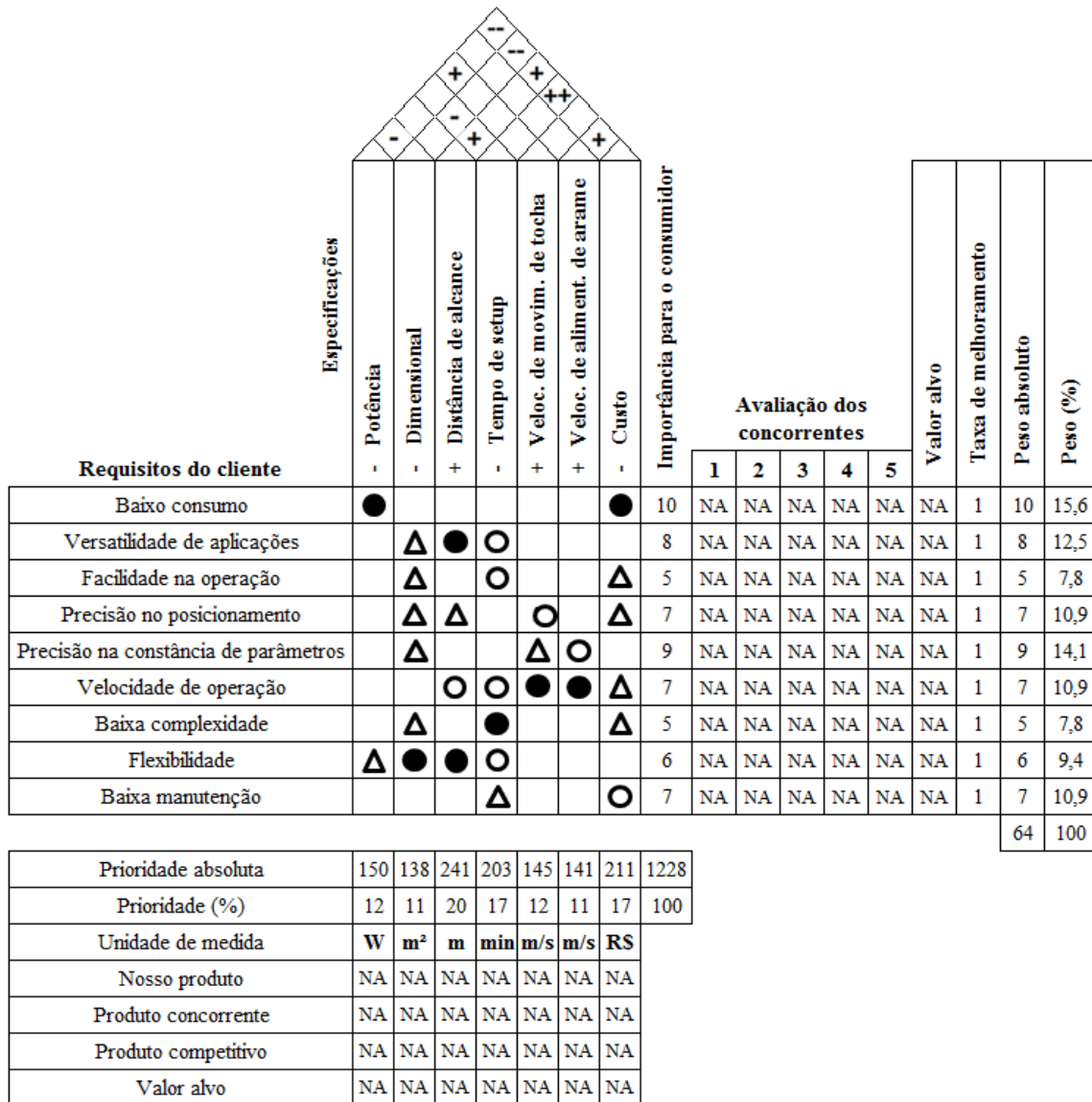
Na busca do projeto conceitual do dispositivo de soldagem linear mecanizado foi feita a aplicação da ferramenta Casa da Qualidade buscando determinar a ordem de importância das especificações técnicas destacadas, esse processo se dá inicialmente elencando os requisitos dos consumidores e a importância que os mesmos dão à esses requisitos. Posteriormente foi feita a análise da interação dos requisitos do consumidor com as especificações escolhidas atribuindo o grau de importância entre elas.

Dentre as especificações técnicas consideradas estão a distância de alcance da tocha que pode ser extremamente importante quando se pretende utilizar em produtos de maior porte e quando houver área livre sem obstáculos para a movimentação da tocha. O custo do equipamento também ocupa lugar de destaque embora não seja o principal quesito, isso se dá pois a intenção é mecanizar um equipamento de solda convencional, portanto, boa parte do custo não irá variar entre as opções, o que fará o custo variar será as escolhas que serão apresentadas no próximo tópico.

A intenção em mecanizar um processo de soldagem está ligada a um maior controle nos parâmetros para aumento de confiabilidade e qualidade da solda e também em reduzir o tempo de processo por isso o tempo de setup toma posição importante nas escolhas. Produtos com maior versatilidade e que dependam menos de dispositivos como gabaritos e posicionadores garantem maior agilidade do processo, claro que, tal liberdade não pode comprometer a qualidade do posicionamento da tocha em relação ao local onde deve ser aplicada a junta de solda.

Outras especificações consideradas foram a velocidade de movimentação da tocha nas duas situações, movimentação livre e também movimentação em momento em que efetivamente esteja sendo realizada a solda. A velocidade de alimentação do arame também é importante pois se trata de quanto material de adição será depositado na junta. A questão do dimensional passa a ser uma preocupação quando o dispositivo de soldagem é dependente de um espaço físico específico, dedicado à instalação e operação dele, esse situação acontece quando o mecanismo dele depende de bancadas para fixá-lo ou fixar as peças à serem soldadas ou de gabaritos para fixação delas.

A construção da Casa da Qualidade para o dispositivo determinado é apresentada na Fig 5 e o resultado de sua aplicação com a ordem de grau de importância das especificações técnicas é apresentado na Tab 5.



Legenda

Relacionamentos:

Requisitos x especificações

Forte ● (=9)

Médio ○ (=3)

Fraco △ (=1)

Vazio (=0)

Relacionamentos:

Requisitos x especificações

Fortemente positivo ++

Positivo +

Negativo -

Fortemente negativo --

NA - Não se aplica

Figura 5. Aplicação da Casa da Qualidade no projeto.

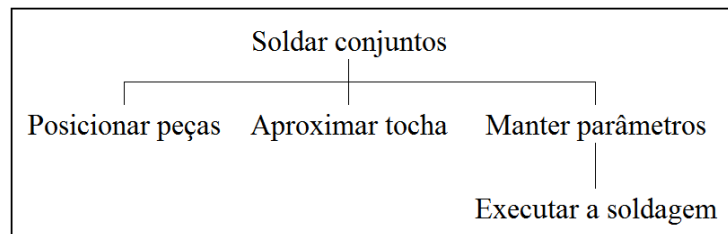
Tabela 5. Grau de importância das especificações segundo a Casa da Qualidade.

Especificação	Unidade de medida	Grau de importância
Distância de alcance	m	1º
Custo	R\$	2º
Tempo de setup	min	3º
Potência	W	4º
Velocid. Moviment. da tocha	m/s	5º
Velocid. Aliment. do arame	m/s	6º
Dimensional	m ²	7º

Em posse dos dados extraídos da casa da qualidade pode-se partir para a realização do projeto conceitual com mais clareza de quais itens e critérios deveriam receber maior atenção, isso foi de extrema importância na elaboração das possíveis concepções criadas para o produto.

3.2. Escolhas das Concepções Para os Dispositivos

Para a escolha das concepções foram usados dois métodos que ajudaram a clarear as subdivisões de funções e subfunções do produto. O primeiro método é o da síntese das funções e subfunções e é apresentado na figura 6 e auxilia no entendimento da possível divisão do produto em módulos.

**Figura 6. Síntese das funções e subfunções.**

O segundo método busca as definições de escolhas das concepções do produto e faz o uso da criação de uma matriz morfológica mostrada na Tab 6. Essa matriz tem o objetivo de mostrar as possibilidades para funções chave do dispositivo de soldagem linear mecanizado, e, segundo Valdiero (2002) tem a função de facilitar a visualização, memorização e combinação dos princípios para formação das concepções. As concepções para o dispositivo em questão serão descritas na sequência e ilustradas para melhorar a compreensão.

Tabela 6. Matriz morfológica de apresentação das concepções.

Parâmetro	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3
Tipo de movimentador	Guia linear	Fuso / Rosca sem fim	Rodas / Roletes
Acionamento do Movimentador	Cilindro hidráulico	Servo motor	Servo motor / Motor elétrico
Forma construtiva	Cilindro do porta tocha fixo à bancada, movimento linear limitado pelo curso do cilindro	Fuso do porta tocha fixo à bancada, movimento linear limitado pelo comprimento do fuso	Porta tocha em carrocom deslocamento linear livre sobre a peça, sobre a bancada ou no solo
Posicionamento das peças à serem soldadas	Em gabaritos instalados em mesa rotativa estilo case	Peça posicionada livremente na mesa, requer alinhamento com a tocha	Peças posicionadas livremente em bancada ou no solo, requer alinhamento do equipamento com a junta de solda

3.2.1. Concepção 1 - A primeira concepção se trata de um mecanismo onde a tocha fica fixa em um carro com movimento linear feito por cilindro hidráulico e guiado por dois guias lineares laterais. A base desse carro necessita estar fixa em uma bancada e também pode ser combinada com uma mesa giratória com duas ou mais posições que devem conter gabaritos para posicionar as peças que serão soldadas. A mesa também deve ter acionamento por cilindro hidráulico para obter movimento vertical e possibilitar a realização de mais passes de cordão além do cordão base. A Figura 7 ilustra a concepção 1.

As vantagens dessa alternativa são a grande precisão com alta repetibilidade em função dos guias lineares; pode ser adaptada para solda plana, ascendente e descendente; permite solda de topo, de filete e até mesmo de costura de peças tubulares de seção retangular ou redonda.

As desvantagens dessa alternativa são o espaço físico que ela deverá ocupar que será de uso exclusivo. A própria mesa giratória dos gabaritos pode ser de grandes dimensões, aumentando a complexidade e podendo encarecer o projeto, pois exige a instalação de todo o sistema hidráulico, reservatório, bomba, válvulas, etc; o curso do atuador hidráulico limita o deslocamento da tocha; não permite solda em campo; exige um gabarito para cada modelo de conjunto a ser soldado; dificuldade na variação da velocidade de avanço da tocha.

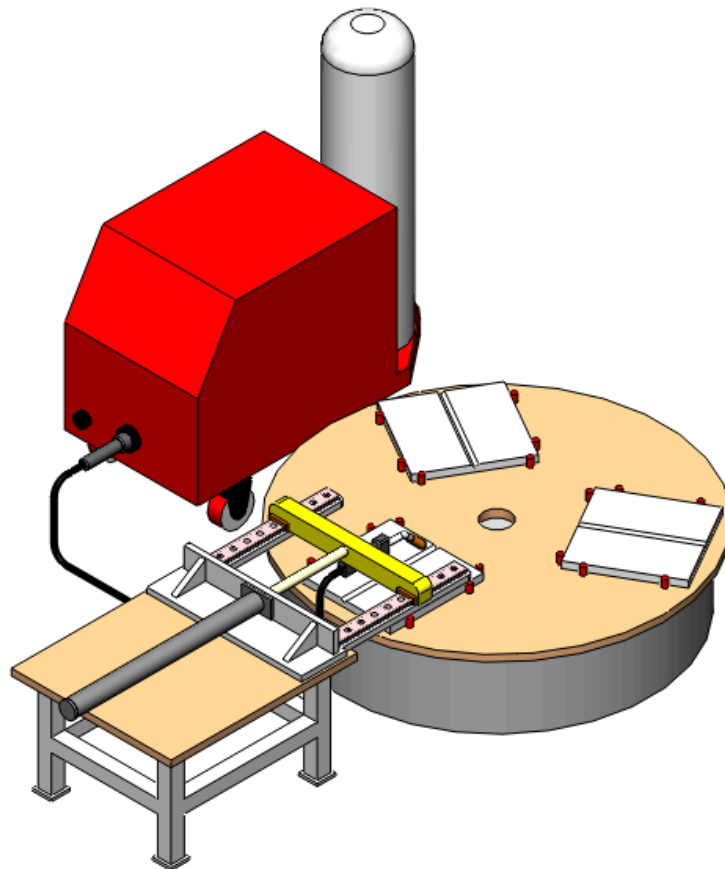


Figura 7. Representação da concepção 1.

3.2.2. Concepção 2 - A segunda concepção é uma bancada onde estão instalados os mancais de um fuso de rosca sem fim e um carro movido por esse fuso conduz linearmente a tocha de solda sobre as peças. Para o acionamento do giro do fuso será feita por servo motor acoplado diretamente no eixo do fuso, já para permitir mais que um passe de solda deve ser instalado mais um servo motor para controlar a altura da tocha. O movimento do fuso pode ser feito tanto na posição horizontal quanto na posição vertical. A Figura 8 mostra a concepção 2 na posição horizontal.

As vantagens dessa alternativa são a boa precisão do posicionamento da tocha porém ela está associada ao bom alinhamento das peças ao dispositivo ou a utilização de gabarito para posicionar a peça; facilidade de variação de velocidade sendo feita através da mudança de velocidade do servo motor ou do motor elétrico através de um inversor de frequência, essa característica é útil pois permite com facilidade mudança de velocidades quando a tocha está efetivamente soldando ou quando estiver se deslocando em vazio; permite repetir o caminho adicionando mais passes de solda quando necessário.

As desvantagens dessa alternativa são o espaço físico que a bancada do dispositivo ocupa ficando dedicado à somente essa finalidade; para aumentar a precisão e a agilidade, vai exigir a confecção de gabaritos dedicados a cada tipo de conjunto a ser soldado; o deslocamento será limitado pelo tamanho da bancada e o comprimento do fuso; seu uso se torna praticamente inviável em campo.

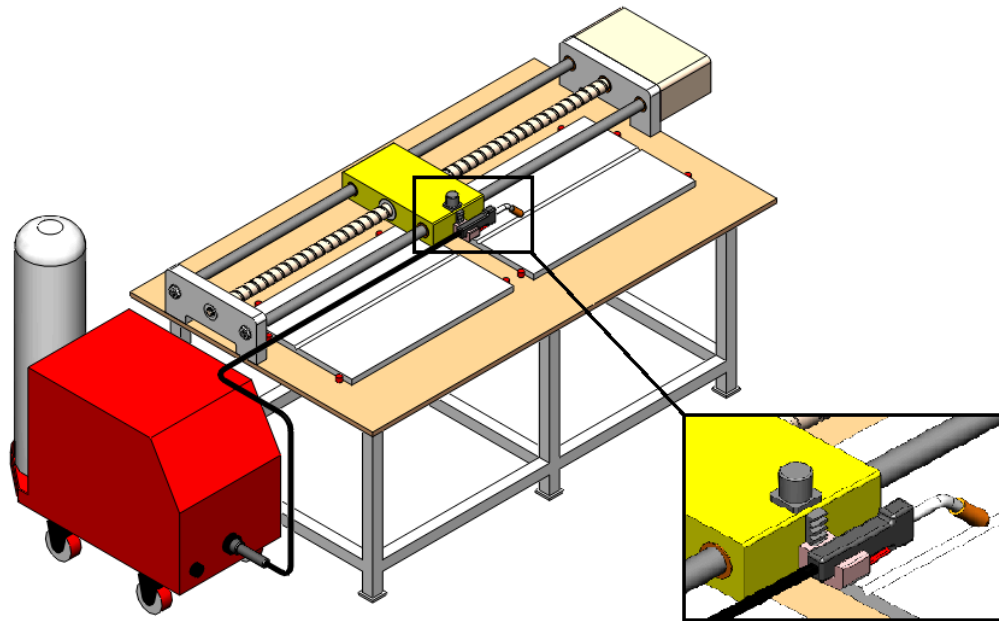


Figura 8. Representação da Concepção 2.

3.2.3. Concepção 3 - A terceira concepção é um carrinho independente acionado por motor elétrico que conduzirá a tocha em um caminho linear guiado por trilhos. Por esse carrinho não estar fixo em uma bancada ou dispositivo semelhante, ele terá a possibilidade de maior curso sendo limitado pelo alcance dos cabos e conduites da tocha de soldagem; essa condição permite que a posição do equipamento de solda tenha simetria entre o ponto inicial e o ponto final do curso. Isso quer dizer que o curso total do carrinho sem paradas é igual ao dobro do alcance dos cabos da tocha. Para o deslocamento vertical da tocha o carrinho deve ter um servo motor acionando uma cremalheira. Outra consideração importante é que quando for necessário maior deslocamento pode-se mover o equipamento de solda ganhando assim, a cada deslocamento, mais uma vez o curso total do dispositivo. A concepção 3 é representada na Fig 9.

As vantagens dessa concepção são a liberdade de movimentação permitindo solda em campo, movimentação sobre as peças ou em solo plano dispensando reserva de espaço físico para sua instalação; maior variedade de cursos de trabalho podendo alcançar diversos metros sem parada quando associado à mudança de posição do aparelho de solda.

As desvantagens dessa alternativa são a exigência de superfície plana para o deslocamento que pode ser sobre as peças ou no solo; por disponibilizar grande deslocamento de trabalho exige grande alinhamento com a junta de solda ou adaptação de algum tipo de guia para melhorar essa situação; apresenta particularidade no controle da velocidade, que pode ser de duas maneiras, ajustada diretamente no próprio comando instalado no carrinho ou obrigar a instalação de um controle remoto.

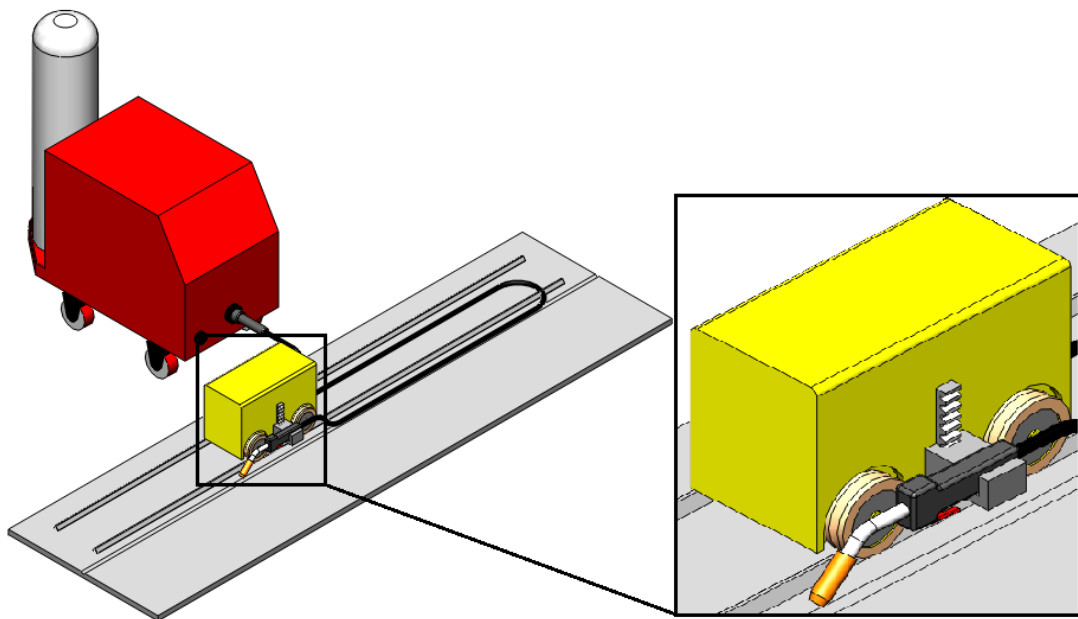


Figura 9. Representação da Concepção 3.

Após a conclusão da matriz morfológica e feitos também os esboços de cada concepção é chegado o momento de decidir qual delas será levada para as próximas etapas do projeto. Para a definição de qual concepção será levada adiante é importante verificar qual delas atende da melhor forma as expectativas do consumidor. Para isso, foram usados os requisitos levantados e apresentados previamente no campo 1 da casa da qualidade, bem como também se levou em conta os pesos percentuais que cada um deles recebeu. A partir desses valores se obtém o somatório da multiplicação dos pesos percentuais pela pontuação atribuída a cada concepção em cada dos requisitos. Esse somatório, transformado em percentual, representa o grau de satisfação que cada concepção tem perante os consumidores. A Tabela 7 mostra essa técnica aplicada às concepções apresentadas ao projeto.

Tabela 7. Avaliação das Concepções Segundo Características Desejáveis.

Requisitos do consumidor	Peso	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3
Baixo consumo	15,6	6	8	8
Versatilidade de aplicações	12,5	6	7	9
Facilidade na operação	7,8	9	7	7
Precisão no posicionamento	10,9	9	8	8
Precisão na constância de parâmetros	14,1	9	8	8
Velocidade de operação	10,9	7	8	9
Baixa complexidade	7,8	6	7	9
Flexibilidade	9,4	5	8	9
Baixa manutenção	10,9	7	8	7
Pontos	100	710,2	771,1	821,1
Grau de satisfação relativa (%)	100	71,02	77,11	82,11

Alguns fabricantes oferecem soluções com funções semelhantes às concepções desenvolvidas por este trabalho, Eco Runner é uma solução apresentada pela empresa Steelmax, se trata de um carro movido eletricamente possuindo tração em 4 rodas e que usa sua base magnética para se manter estável sobre a peça enquanto se movimenta linearmente para executar a soldagem, esse equipamento é mostrado na Fig 10.



Figura 10. Carro de condução Eco Runner de Steelmax (2025).

Outra solução disponível no mercado é o chamado Tartilope V2 do fabricante SPS que é mostrado na Fig 11. Esse equipamento se move sobre um trilho central que garante o movimento linear e possui dois graus de liberdade e simula movimentos que o soldador faria no momento da soldagem.



Figura 11. Tartilope V2 de SPS (2025).

4. CONCLUSÃO

Seguindo os passos de um projeto conceitual, começando por entender as necessidades do consumidor fazendo um levantamento dos requisitos que os mesmos consideram importantes e na sequência fazendo o levantamento das especificações técnicas de engenharia aplicando as ferramentas para se chegar a quais dos itens deveriam ter mais atenção em função de seu grau de importância, é possível fazer a criação de diversas concepções para atender as especificações. Após essa etapa inicial algumas ferramentas são aplicadas com o intuito de facilitar a criação de concepções do projeto com mais assertividade para que o produto atenda a expectativa do usuário, sendo assim, possibilita que se tenha maior aceitação dele e maiores chances de seu sucesso no mercado.

A ferramenta Casa da Qualidade foi muito importante para a realização dos passos descritos anteriormente pois permitiu determinar pesos aos requisitos do consumidor, expor as especificações técnicas e levantar as interações entre elas fazendo comparações entre diferentes produtos ou concepções, através de cálculos trouxe a prioridade percentual que o projeto conceitual deve seguir para atingir seu objetivo.

Com isso conclui-se que sempre que necessário desenvolver um projeto novo, sendo por demanda de mercado ou por inovação, o uso de ferramentas específicas e obediência de seus passos para o desenvolvimento do projeto geram maior clareza no andamento do estudo e norteiam quais os atributos o produto deve ter para se posicionar de forma mais eficaz no mercado.

No caso específico deste trabalho, fazendo o uso das ferramentas e através do grau de satisfação que cada uma das concepções apresentou, mostradas na Tab. 8, pôde-se chegar a conclusão de que para o projeto conceitual do dispositivo de soldagem linear mecanizado a solução que mais atendeu às demandas foi a terceira concepção que sugere conduzir a tocha de soldagem através de um carrinho de movimentação linear livre pois, dessa maneira é possível abranger uma gama maior de produtos sem que seja necessário sacrificar uma área específica dentro de um parque fabril e se mostra uma alternativa de baixa complexidade e que requer menos recursos extras em comparação às demais alternativas apresentadas.

O projeto conceitual apresentado por esse trabalho é uma das etapas importantes na elaboração de projetos pois direciona as etapas seguintes do desenvolvimento de um produto tal como o projeto preliminar que determina as configurações que o produto irá apresentar, na sequência é feito o projeto detalhado que irá gerar a documentação, dimensionar componentes, etc, antecedendo etapas importantes como fabricação de protótipos, testes e por fim a fabricação do produto propriamente dita.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente ao corpo docente do Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Farroupilha e aos demais servidores que muito contribuíram durante todo o período da minha formação e que nunca mediram esforços para que o conhecimento fosse transmitido aos alunos, tornando possível o desenvolvimento desse dos demais trabalhos ao longo de toda a graduação. Também agradeço a minha família por todo o apoio e incentivo durante todo o período de estudos.

6. REFERÊNCIAS

- Baxter, Mike R., 2000, “Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos”, Ed. Blucher, São Paulo, Brasil, 260 p.
- Carpes Jr, Windomar P., 2014, “Introdução ao Projeto de Produtos”, Ed. Bookman, Porto Alegre, Brasil, 217 p.
- Marques, P.V., Modenesi, P.J., e Bracarese, A.Q., 2009, “Soldagem: fundamentos e tecnologia”, Ed. UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 363 p.
- Maximiano, A. C. Amauru., 2014, “Administração de Projetos: como transformar ideias em resultado”, Ed. Atlas, São Paulo, Brasil, 396 p.
- Valdiero, A. C., 2002, “Inovação e Desenvolvimento do Projeto de Produtos Industriais”, Ed. Unijuí, Ijuí, Brasil, 36p.
- Veiga, Emilio., 2011, “Processos de soldagem MIG/MAG”, Ed. Globus Editora, São Paulo, Brasil, 156 p.
- Wainer, Emilio., 1992, “Soldagem: Processos e Metalurgia”, Ed. Blucher, São Paulo, Brasil, 494 p.
- https://esab.com/br/sam_pt/esab-university/search/handbooks/ , visitado em 10 de novembro de 2025.
- <https://www.alumaq.com.br/produto/eco-runner/> , visitado em 08/12/2025.
- <https://sps-soldagem.com.br/tartilope-v2-br>, visitado em 08/12/2025.

CONCEPTUAL DESIGN OF LINEAR WELDING DEVICE

Roberto Andrighetti, robertoandrighetti@gmail.com¹

Giácomo Gai Soares, giacomo.soares@farroupilha.ifrs.edu.br¹

¹Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Farroupilha. Av. São Vicente,785 - Bairro Cinquentenário, Farroupilha - RS, 95180-000.

Abstract. *In search of greater productivity and quality in welding processes within the industry, there are several areas of development focused on improving equipment and new welding application methods in production lines or performed in the field. MIG/MAG welding processes can be carried out by welding robots; however, they are mostly performed manually by welders. Due to this fact, there are variations during the execution of the weld seams, among which we can highlight the torch's advance speed, the linearity of the bead, the distance of the torch's contact tip in relation to the workpieces, the length of the seams due to the welder's necessary movement, among others. The following work aims to demonstrate the application of important tools for data collection for a conceptual project involving the development of a mechanized linear welding device. This device is intended to eliminate some of the variables in the welding process. The application of these tools highlights the needs of consumers and the market, assisting in the selection of specifications that the product should have in order to meet the identified requirements. Following the procedures of the conceptual project and analyzing the data provided by its tools, it was possible to choose one among three proposed designs that best suited the needs presented by consumers, contributing to a higher chance of success and acceptance of the product in the market.*

Keywords: *Welding, MIG, linear, Quality Function Deployment, conceptual design.*