



DESENVOLVIMENTO DE MAQUINAS DE SOLDA A PONTO E A ELETRODO REVESTIDOS UTILIZANDO TRANSFORMADORES DE MICRO-ONDAS

Matheus da Silva Cunha
matheus.cunha@aedb.br
AEDB

Gabriela Souza Dias
gabriela.dias@aedb.br
AEDB

Gabriel Gonçalves Pessoa de Castro
gabriel.pessoa@aedb.br
AEDB

Resumo: A soldagem é um processo de fabricação que consiste em unir de forma permanente dois tipos de materiais, geralmente metais. Deste processo que consiste em diversas categorias diferentes, aqui neste estudo estão dispostos, dois grandes grupos que são os de soldagem por pressão e soldagem por fusão. O objetivo desse estudo é a fabricação e melhoria de duas máquinas de solda, uma máquina de solda por resistência do tipo solda a ponto (soldagem por pressão) e a de solda com eletrodo revestido (soldagem por fusão). Onde se é relatado o processo de aplicação de transformadores de micro ondas convencional em construções de máquinas de soldas semiprofissionais de baixo custo, através da aplicação de conceitos eletromagnetismo, elétrica e mecânica, com alterações nas bobinas secundárias dos mesmos, utilizando de matérias de fácil aquisição ou reutilizáveis, a fim de se construir duas máquinas de soldas diferentes, que realizem trabalhos leves ou medianos, como manutenções e construções caseiras ou em pequenas oficinas.

Palavras Chave: Soldagem - Eletromagnetismo - Reutilizáveis - A ponto - Eletrodo revestido

1. INTRODUÇÃO

A soldagem é o método mais importante de união de metais: utilizado industrialmente (MARQUES, 2011). Pode-se classificar este processo em dois grandes grupos que são soldagem por pressão e a soldagem por fusão (MODENESI, 2000).

Segundo Marques, P.V, 2011, a união pelo método da soldagem é conseguida pela aproximação dos átomos ou moléculas das peças a serem unidas, ou de um material adicionado à junta, até distâncias suficientemente pequenas para a formação de ligações químicas, particularmente ligações metálicas e de Van der waals.

Analisando a importância dos processos indústrias e no desenvolvimento de novos produtos, o estudo busca o desenvolvimento teórico e prático de máquinas de solda, através da utilização de materiais reaproveitados, de fácil aquisição e operação, de forma que obtenhamos um produto semiprofissional e de qualidade equivalente ao mercado. Visando aplicações viáveis e de grande relevância, com foco em máquinas de soldagem a ponto (Fusão) e soldagem por eletrodos revestidos, visto que ambas, tem grandes buscas por aquisição desses modelos de máquinas de solda e diversas aplicações diárias, para a realização de pequenas aplicações, como fabricações de pequenas estruturas e manutenções corretivas.

Na soldagem a ponto, as peças a serem soldadas são pressionadas uma contra a outra, por meio de eletrodos não consumíveis, aumentando sua corrente, permitindo que as peças a serem soldadas atinja o ponto de fusão, e esse fenômeno é afirmado pela lei de Joule que expressa à relação entre o calor gerado e a corrente elétrica que percorre um condutor em determinado tempo. Um resistor é um dispositivo que transforma a energia elétrica integralmente em calor (MARQUES, 2011).

A soldagem a arco elétrico é um processo onde o calor é gerado através de um arco elétrico que se propaga da ponta do eletrodo revestido para a superfície a ser soldada, onde a alma do eletrodo é a responsável por conduzir energia elétrica que produz o arco e serve como material de adição para a solda depois de derretido (MODENESI, et al., 2012).

Desenvolver máquina de soldas a ponto e a eletrodo revestido, através do reaproveitamento de matérias e equipamentos, visando o baixo custo de execução do mesmo e um alto desempenho do equipamento depois de pronto, se aproximando ao máximo das máquinas semi profissionais disponíveis no mercado, além de ser apresentada como possíveis projetos didáticos para cursos de elétricas e mecânicas a fim de demonstrar o processo de soldagem elétrica ou os componentes elétricos juntamente com seus funcionamentos por trás de uma máquina de solda.

Para que tais objetivos pudessem ser alcançados, temos como objetivos específicos dos projetos:

- Teorizar os processos de construção das máquinas de solda a ponto e a eletrodo revestido, com transformadores de micro ondas;
- Compreender a relação entre os transformadores e sua capacidade de trabalhos alternativos

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM

A soldagem é o mais importante processo industrial de fabricação de peças metálicas. Processos de soldagem ou processos afins são também utilizados na recuperação de peças desgastadas, para a aplicação de revestimentos de características especiais sobre superfícies metálicas e para corte (MODENESI, 2012). O sucesso da soldagem está associado a diversos fatores e, em particular, com a sua relativa simplicidade operacional. Por outro lado, apesar desta simplicidade, não se pode esquecer que a soldagem pode ser muitas vezes um processo “traumático” para o material, envolvendo, em geral, a aplicação de uma elevada densidade de energia em um pequeno volume do material, o que pode levar a alterações estruturais e de propriedades importantes dentro e próximo da região da solda (MODENESI, 2012).

O desconhecimento ou a simples desconsideração das implicações desta característica fundamental pode resultar em problemas inesperados e, em alguns casos, graves (BRACARENSE, 2007). Estes problemas podem se refletir tanto em atrasos na fabricação ou em gastos inesperados, quando o problema é prontamente detectado, ou mesmo em perdas materiais e, eventualmente, de vidas, quando o problema é levado às suas últimas consequências (LANCASTER, 1997).

Na soldagem por resistência, as peças a serem soldadas são pressionadas uma contra a outra, por meio de eletrodos não consumíveis, fazendo passar por estes uma alta corrente, o que ocasiona, segundo a lei de Joule, uma quantidade de calor proporcional ao tempo, resistência elétrica e intensidade da corrente, que deverá ser suficiente para permitir que a região de contato entre as peças a serem soldadas atinja o ponto de fusão. (BRACARENSE, 2000).

Existem três fatores importantes que devem ser levados em conta durante a soldagem a ponto:

A temperatura que não pode exceder 900°C na superfície diretamente em contato com o eletrodo, caso contrário à estrutura granular (ausência de uma organização estrutural definida) do metal será enfraquecida. (MODENESI, 2012).

Quanto mais tempo a corrente fluir maior será o ponto de solda, até o limite do diâmetro da ponteira de solda usado. A compressão sofrida pelas chapas é muito importante para determinar o controle de qualidade da solda, pois afeta a resistência da mesma. (BRACARENSE, 2000).

O processo de soldagem com eletrodo revestido é um processo no qual a fusão do metal é produzida pelo aquecimento de um arco elétrico, mantido entre a ponta de um eletrodo revestido e a superfície do metal de base a ser soldada. Durante a soldagem, o arco e a poça metálica são protegidos da atmosfera circundante através da formação de uma cortina gasosa oriunda da queima do revestimento e a decomposição de seus constituintes. Outras vezes, ou mesmo conjuntamente, a proteção é feita por uma escória líquida, de densidade menor que a do metal base, protegendo a poça de fusão durante a solidificação. Após a soldagem, este líquido protetor se solidifica formando uma escória sólida, a qual deve ser removida (SANTOS, 1995).

Por ser um dos processos mais utilizados devido à sua versatilidade em termos de ligas soldáveis, operacionalidade e características mecânicas e metalúrgicas do metal depositado. O processo puramente elétrico que ocorre enquanto durar o arco é bem entendido quando o cátodo e o ânodo forem de materiais refratários, como grafite e tungstênio. Em soldagem com eletrodos revestidos a existência do arco e suas

propriedades são menos conhecidas e muito mais difíceis de explicar por causa da emissão de elétrons que é acompanhada pela transferência de metal e escória, formação de plasma, e ocorrência de várias reações físico-químicas, metalúrgicas e elétricas. (MODENESI, 2012).

Segundo Brandi (1988), o eletrodo revestido consiste de uma vareta metálica, chamada alma, trefilada ou fundida, que conduz a corrente elétrica e fornece o metal de adição para o preenchimento da junta. Esta alma é recoberta por um revestimento formado pela mistura de diferentes materiais, o qual tem diversas funções na soldagem como a ajustagem da composição química do cordão pela adição de elementos de liga; a proteção da poça de fusão e o metal de solda da contaminação da atmosfera; conferir características operacionais e mecânicas ao eletrodo e à solda. Além destas, o revestimento desempenha uma importante função na manutenção da estabilidade do arco. Os gases provenientes da queima do revestimento são muito mais facilmente ionizáveis do que o ar, tornando assim a abertura e manutenção do arco mais fácil, minimizando inclusive o sopro magnético.

O processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido ou SMAW Segundo SENAI (2013) é um processo de soldagem por fusão, onde é mantido um arco elétrico entre o metal de base e o eletrodo (revestido), onde ambos são fundidos numa poça de fusão, a qual é protegida da atmosfera (O_2 e N_2) por gases provenientes da combustão do revestimento do eletrodo. Ainda, o metal depositado e as “gotas” de metal fundido recebem uma proteção adicional por um banho de escória, formada pela queima de alguns componentes do revestimento do eletrodo.

2.2. ELETROTÉCNICA

A Eletrotécnica é o ramo da ciência que estuda uso de circuitos formados por componentes elétricos e eletrônicos, com o objetivo principal de transformar, transmitir, processar e armazenar energia. Sob esta definição, as usinas hidrelétricas, termoeletricas e eólicas (que geram energia elétrica), as linhas de transmissão (que transmitem energia), os transformadores, retificadores e inversores (que processam energia) e as baterias (que armazenam energia) estão, todos, dentro da área de interesse da Eletrotécnica (PEIXOTO, 2000).

Dentro desse estudo será aplicado alguns conceitos dentro desta ciência como: Tensão elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica, seção do material, circuitos elétricos, potência elétrica, eletromagnetismo, instrumentos de medição, transformadores, dispositivos de manobra e proteção elétrica (PEIXOTO, 2000).

A tensão elétrica (V), que também é medida em volt (V) é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos. A tensão elétrica indica o trabalho que deve ser feito, por unidade de carga, contra um campo elétrico para se movimentar uma carga qualquer. Separando um corpo neutro em duas regiões com cargas opostas cria-se uma tensão elétrica entre essas regiões. Toda fonte de tensão é estabelecida com a simples criação de uma separação de cargas positivas e negativas (BOYLESTAD, 2011). Na figura 1 abaixo mostra a simbologia da tensão elétrica.

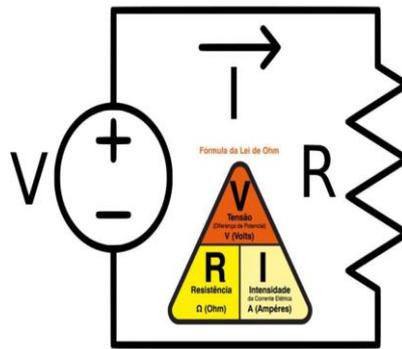


Figura 1: Tensão elétrica
Fonte: vocenaeletrica.com

A corrente elétrica consiste em um movimento orientado de cargas, provocado pela diferença de potencial (ddp) entre dois pontos. A corrente elétrica é a forma pela qual os corpos eletrizados procuram restabelecer o equilíbrio elétrico. Para que ocorra corrente elétrica, é necessário que exista ddp e que o circuito esteja fechado. Logo, pode-se afirmar que existe tensão sem corrente, mas nunca existirá corrente sem tensão. Isso acontece porque a tensão orienta as cargas elétricas (ZERBINI, 2002). Na figura 2 apresenta o sentido da corrente, a unidade de medida é o ampère (A). Como corrente elétrica é um fluxo de cargas, deve-se medir este fluxo por uma unidade de tempo, logo, ampère significa fluxo de cargas por segundo, um ampère equivale ao fluxo de $6,25 \times 10^{18}$ elétrons por segundo. O instrumento para medida da intensidade de corrente elétrica é o amperímetro. Como a corrente elétrica é um fluxo, para sua medição, ela deverá passar através do instrumento, que deve ser ligado em série (AFONSO, 2011).

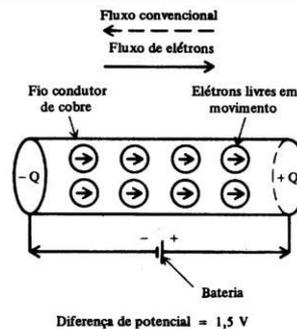


Figura 2: Fluxo da corrente elétrica

Fonte: vocenaeletrica.com

A resistência é a oposição que um material apresenta à passagem de corrente elétrica, a unidade de medida da resistência elétrica é o OHM (Ω). Para medir a resistência elétrica de um material utiliza-se o OHMÍMETRO, instrumento destinado a este fim. Como o ohmímetro utiliza um circuito eletrônico propriamente alimentado, não devemos conectar este instrumento em um material submetido a uma tensão elétrica, pois pode danificar o instrumento. Portanto, para medir resistência elétrica o circuito deve estar desenergizado (BARBOSA, 2016). A figura 3 mostra a diferença na representação da resistência.



Figura 3: Simbologia da Resistência

Fonte: athoselectronics.com

Quanto maior o comprimento maior a resistência apresentada. Para o cálculo da resistência do material, utiliza-se a seguinte formula:

$$R = \frac{\rho * L}{S} \quad (1)$$

Para dimensionar a secção do cabeamento adequado para cada máquina foi usado a seguinte equação:

$$S = \frac{I}{4} \quad (1)$$

O dimensionamento do cabeamento é definido de acordo com a NBR70, como observado na Tabela :

Tabela 1:NBR 70

Seção (mm2)	2 c.c.	3 c.c.
1.5	17.5	15.5
2.5	24	21
4.0	32	28
6.0	41	36
10.0	57	50
16.0	76	68
25.0	101	89
35.0	125	110
50.0	151	134

Fonte: suporte.altoqi.com.br

Potência elétrica é definida como a rapidez com que um trabalho é realizado. Ou seja, é a medida do trabalho realizado por uma unidade de tempo. A unidade de potência no sistema internacional de medidas é o watt (W), em homenagem ao matemático e engenheiro James Watts que aprimorou a máquina a vapor. No caso dos equipamentos elétricos, a potência indica a quantidade de energia elétrica que foi transformada em outro tipo de energia por unidade de tempo (BARBOSA, 2016). O cálculo da potência é dado pela relação entre a tensão e a corrente elétrica como visto na Figura 4.

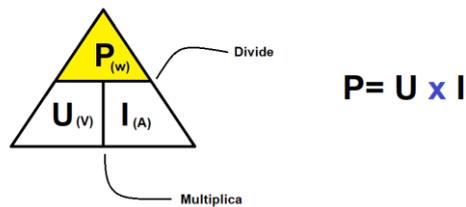


Figura 4: Cálculo de potência

Fonte: vocenaeletrica.com

O magnetismo é uma propriedade que certos materiais possuem que faz com que estes materiais exerçam uma atração sobre materiais ferrosos, alguns materiais encontrados na natureza apresentam propriedades magnéticas naturais. Estes materiais são denominados de ÍMÃS NATURAIS. A magnetita é um minério de ferro que é naturalmente magnético, ou seja, é um ímã natural, mas podemos magnetizar uma barra de material ferroso por processos artificiais, obtendo os ímãs artificiais, muito empregados por poderem ser fabricados em diversos formatos para atender às necessidades práticas. O eletromagnetismo é todo fenômeno magnético que tenha origem em uma corrente elétrica (VIECELLI, 2006). O ciclo do magnetismo é demonstrado na Figura 5.

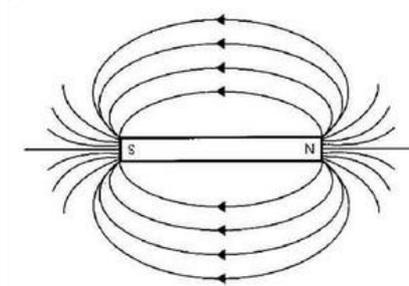


Figura 5: Ciclo do magnetismo

Fonte: educacao.globo.com

A intensidade do campo magnético ao redor de um condutor é diretamente

proporcional à corrente que circula neste condutor. Se o condutor for enrolado em forma de bobina, então os campos de cada espira irão se somar, formando um único campo magnético.

As bobinas ou indutores como também são conhecidas, são dispositivos elétricos que compõem os transformadores, são constituídos por um segmento de voltas de fios esmaltados, que circundam um núcleo de ferro ou de outras matérias condutores, afim de ao se aplicar corrente elétrica neste elemento, desenvolva um campo magnético utilizados como acionadores trancas elétricas, acionadores elétricos (Solenoides), indução de outras bobinas como é o caso dos transformadores, a fim de gerar correntes e tensões secundárias. (CHAPMAN, 2013).

Para calcular o número de espiras em cada bobina é necessário utilizar a seguinte fórmula:

$$N_s = \frac{E_s \times 41,9}{A} \quad (3)$$

Composto por duas bobinas ou enrolamentos, uma primária e uma secundária, os transformadores são dispositivos capazes de gerar em sua bobina secundárias tensões e correntes diferentes de sua alimentação em sua bobina primária, podendo aumentar ou diminuir essa tensão dependendo de sua aplicabilidade. (CHAPMAN, 2013).

Para evitar que uma tensão elétrica se mantenha na carcaça (estrutura metálica) de um aparelho, podendo provocar um choque elétrico no operador caso este encoste na carcaça, utiliza-se aterrar o aparelho. Como o fio neutro está conectado a terra, caso um fio fase venha a encostar na carcaça, haverá um curto-circuito, desarmando o circuito de proteção.

Os disjuntores são utilizados principalmente como elemento de proteção e secção de circuitos. O disjuntor é comumente substituto do fusível, porque uma das vantagens sobre o fusível por não ser descartável. Após ser desarmado o disjuntor pode ser rearmado varias vezes para que assim haja a continuação do funcionamento do circuito. São componentes muito comuns e muito utilizados nos quadros de distribuição residencial.

Circuitos elétricos se definem como um ou mais caminhos fechados por onde a corrente elétrica circula. Todo circuito elétrico deve conter uma fonte de tensão (tomada, bobina, pilhas, entre outros) havendo uma diferença de potencial. O circuito é dividido em circuito em serie e em paralelo, o circuito em serie como o próprio nome já diz é um circuito cujo duas ou mais cargas estão ligadas em sequencia, havendo apenas um caminho para a corrente elétrica, o circuito em paralelo também contem duas ou

mais cargas, porém as cargas possuem um ponto de derivação entre elas. Os circuitos elétricos se dividem em dois tipos como mostrado na figura 6.

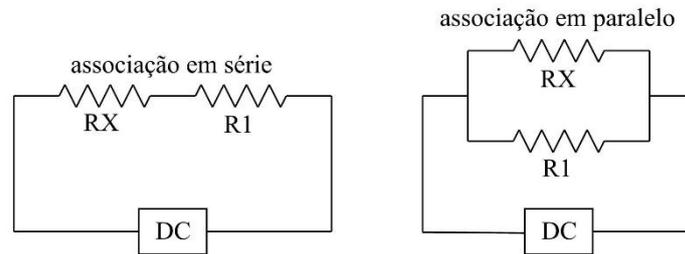


Figura 6: Circuitos em série e em paralelo

Fonte: edisciplinas.usp.br

4. DESENVOLVIMENTO

Tendo com base a utilização de transformadores de micro ondas comuns, esses, presentes nas residências, o projeto em questão se refere ao desenvolvimento de máquinas de soldas através do reaproveitamento de transformadores elétricos de micro ondas. Trata-se de dois tipos de máquinas, uma de soldagem por eletrodo revestido e outra de soldagem a ponto, onde os transformadores elétricos que originalmente nos micro ondas, através do eletromagnetismo, tem a função de fornecer elevadas tensões em sua bobina secundária para a alimentação do magnetron, que necessita de altas tensões em altas frequências, para o seu funcionamento ideal.

No projeto os transformadores sofrem alterações em suas bobinas secundárias para fornecer tensões mais baixas do que é fornecido originalmente, onde é realizado um novo enrolamento com fios de diâmetros maiores, dando menos voltas entorno de seu núcleo de metálico, para atender a necessidades de cada projeto aqui disposto. O projeto visa o custo benefício no momento de execução do mesmo, e apesar de utilizar materiais reaproveitados e ou de baixo custo para suas aquisições, busca se aproximar o máximo possível das máquinas semiprofissionais disponíveis no mercado, com capacidade operacional equivalente, porém com menor custo para seu desenvolvimento

O estudo tem como objetivo analisar os conceitos desenvolvidos, para o desenvolvimento de máquinas de soldas elétricas, de dois modelos a de solda por eletrodo revestido e outra de solda a ponto. Ambas utilizando transformadores de micro ondas para alcançar as tensões (V) e correntes (A) pretendidas em cada máquina. Durante as pesquisas e discussões de planejamentos para a execução da máquina de eletrodo revestido, foi observado características necessária para que a máquina atendesse as normas regulamentadores de trabalhos com o tipo específico de equipamento, NR 10 E NR12, também as suas necessidades a parte funcional do equipamento como tratamento dos transformadores, quantidade de transformadores

para alcançar as correntes necessárias de trabalho, ventilação e resfriamento do equipamento juntamente de seus componentes internos, todos os materiais empregados em sua confecção como as chapas empregadas em sua carcaça, os botões de acionamento, disjuntores elétricos e cabeamento necessário.

Para a construção das máquinas de soldagem por eletrodo revestido e soldagem a ponto, foi necessário à utilização de três transformadores de micro ondas meramente ilustrados na figura 7 mostra a seguir.



Figura 7: Transformador de micro-ondas

Fonte: Samatec

Para que os dois transformadores viessem a atender as necessidades, do projeto da máquina ambos, sofrem alterações em sua estrutura, onde se foi realizado a remoção das bobinas secundárias de ambos os transformadores para que posteriormente, receba uma nova bobina de confecção específica para o trabalho aqui disposto, constituída por cabos elétricos de maior espessura do que a removida do mesmo.

Para que sejam definidas as alterações da bobina secundária de cada transformador é preciso realizar o esquema elétrico para cada uma das máquinas, como mostrado na figura 8 e na figura 9

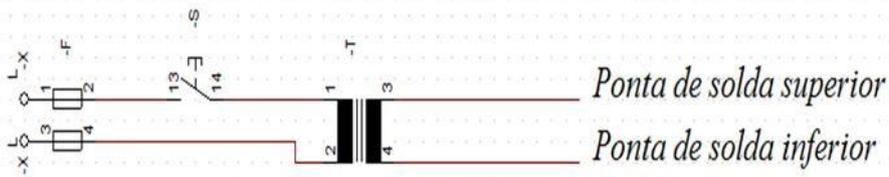


Figura 8: Esquema elétrico máquina de solda a ponto

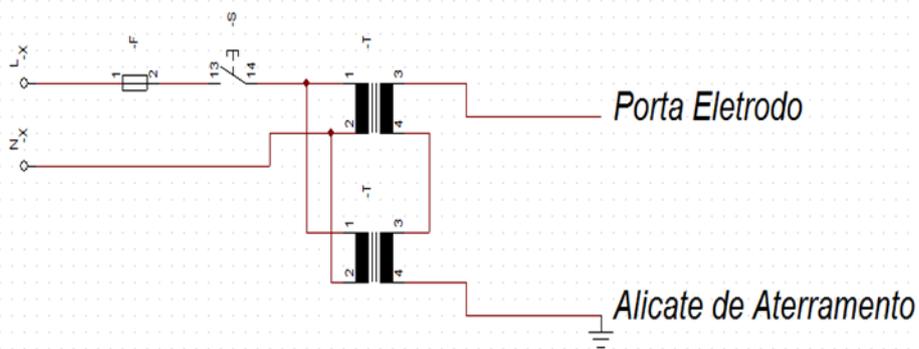


Figura 9: Esquema elétrica máquina de solda eletrodo revestido

Foi usado como base para a construção das duas máquinas a tensão média de 18 volts com a corrente média de 150 ampères, na tabela 2 e tabela 3 pode-se observar as alterações que foram realizadas na bobina secundária de cada transformador.

Tabela 2: Dimensões Máquina de solda a ponto.

Máquina de Solda a ponto	
Área do transformador	750 mm ²
Secção do cabo	35 mm ²
Número de voltas	2

Tabela 3: Dimensões Máquina de solda por eletrodo revestido.

<i>Máquina de Solda eletrodo Revestido</i>	
Área do transformador 1	1200mm ²
Área do transformador2	750 mm ²
Número de voltas do 1	24
Número de voltas do 2	15
Secção do cabo	16mm ²

Com este estudo pode-se observar que com as máquinas de solda caseiras podemos atingir qualidade semelhante a máquinas encontradas no mercado e com o valor bem a baixo do mesmo, na tabela 4 e tabela 5 contém os custos para a fabricação das mesmas.

Tabela 4: Orçamento máquina de solda a ponto

<i>Solda a ponto</i>	
1 m Metalon 20 x 20;	R\$ 30,00
10 m Cabo Flexível 35 mm ² ;	R\$ 170,00
1 m Barra roscada 10 mm;	R\$ 7,54
0,3 m Barra chata 20 mm;	R\$ 1,00
1 Transformador;	R\$ 20,00
1 Ventoinha 120 mm;	R\$ 7,90
Chapa de aço 1,5 mm;	R\$ 40,00
Parafusos;	R\$ 30,00
Aterramento;	R\$ 29,99
2 Ponteiras.	R\$ 55,80

Tabela 5 : Orçamento máquina de solda eletrodo revestido

<i>Solda eletrodo revestido</i>	
2 Transformadores	R\$ 40,00
Chapa de aço 1,5 mm	R\$ 40,00
2 Ventoinhas 120 mm	R\$ 15,80
Botoeira luminosa	R\$ 30,90
Disjuntor 16 A	R\$ 7,99
5m Cabo Flexível 10mm ²	R\$ 19,99
2m Cabo Flexível 35 mm ²	R\$ 35,20
Porta eletrodo	R\$ 14,90
Jacaré de aterramento	R\$ 20,90
Tomada macho	R\$ 4,65
Parafusos	R\$ 30,00

Em média uma máquina de solda a ponto com a mesma característica da fabricada custa R\$ 800,00 e uma máquina de solda com eletrodo revestido R\$ 600, onde pode-se concluir que as máquinas de solda caseiras apresentam mais de cinquenta por

cento (50%) de economia (cerca de R\$ 260,00 no caso da máquina de solda por eletrodo revestido, Apresentada na Tabela 4 a cima) com qualidade adequada para a realização de pequenos reparos e construções.

5. CONCLUSÃO

Evidenciou-se ao longo do desenvolvimento do artigo aqui disposto, que há pouco conteúdo sobre este tema específico disponível em livros ou artigos encontrados durante a execução do mesmo, porém há diversos trabalhos e livros de assuntos que estão inteiramente envolvidos neste trabalho, com o caso, das máquinas de soldas convencionais e os seus processos de soldagem e a parte elétrica envolvida em todo o projeto, o que contribuiu para o desenvolvimento do mesmo.

No entanto, a partir do desenvolvimento deste trabalho, foi possível concluir que o desenvolvimento de máquinas de soldas, utilizando transformadores de micro-ondas convencionais, é totalmente possível e eficaz, porém não é recomendado para pessoas sem os conhecimentos técnicos específicos relacionados ao projeto, como os elétricos, onde há a necessidade de se aplicar materiais isolantes eficazes e desenvolver um circuito funcional e seguro, com dimensionamento de cabos e disjuntores adequado, para o funcionamento das máquinas. E apesar de se utilizar todos os componentes elétricos em dimensões adequadas, devido à indução magnética gerada nos transformadores e o calor oriundo da soldagem em si, que se espalha pelos cabos conectados ao cabo terra e o porta eletrodo no caso da solda por eletrodo revestido ou os cabos ligados às pontas de solda, no caso da solda a ponto, há o aquecimento interno das máquinas e seus componentes, onde a corrente utilizada pela máquina em sua alimentação, pode começar a se elevar até seu funcionamento ser interrompido pelo disjuntor, onde há a necessidade da instalação de ventiladores e confecção de frestas para disponibilizarem o fluxo de ar do meio externo, gerando a refrigeração forçada das partes internas das máquinas.

Em média uma máquina de solda a ponto com a mesma característica da fabricada custa de 500 a 800 reais, a partir disto espera-se que para o desenvolvimento da máquina de solda a ponto apresentada neste artigo, buscando utilizar materiais reaproveitados, depois de pronta espera-se que a máquina seja capaz de executar manutenções e reparos leves, atendendo pequenas oficinas ou necessidades caseiras, com o custo de cerca de 400 reais e que solde em chapas onde a distância entre as pontas de solda não exceda 3 mm.

No caso da máquina de solda com eletrodo revestido que é possível encontrar no mercado a cerca de 400 a 600 reais, pode-se concluir que as máquinas de solda caseiras como a apresentada, apresentam aproximadamente cerca de cinquenta por cento (50%) de economia (cerca de R\$ 260,00 no caso da máquina de solda por eletrodo revestido), o que é possível variar dependendo da forma com se adquire os componentes, com qualidade adequada para a realização de pequenos reparos, construções e manutenções sejam em pequenas oficinas em casa entre outros, lembrando que o equipamento deve-se utilizar de forma segura e consciente, não exigindo muito da mesma, como a execução de cordões de solda muito extenso e constante. Depois de concluída espera-se que a máquina seja capaz de trabalhar com eletrodos entre 1,5 a 2,5 mm de espessura.

6. BIBLIOGRAFIA

BRACARENSE, A.Q, 2000, Processo de Soldagem por Resistência, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2000.<
<http://www.asmtreinamentos.com.br/downloads/soldador/arquivo26.pdf>>

MONDENESI, P.J, MARQUES, P.V, 2000 Soldagem 1, introdução aos processos de soldagem, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de engenharia metalúrgica, Nov. 2000<
<http://www.asmtreinamentos.com.br/downloads/soldador/arquivo84.pdf> >

MONDENESI, P.J, MARQUES, P.V, SANTOS, D.B, 2012, Introdução a metalurgia da Soldagem, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, <
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45435668/Introducao_a_Metalurgia_da_Soldagem_-_Modenesi_Marques_Santos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1557260058&Signature=DmkKwjZThmc6j5mBJPB970y5m2Y%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DUniversidade+Federal+de+Minas+Gerais+Int.pdf >.

LANCASTER, J. Handbook of structural welding. Cambridge (UK): Abington Hall, 1997. Cap. 2, p. 56- 113.

SENAI-SP – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (São Paulo). Soldagem: Área Metalurgia. São Paulo: SENAI-SP, 2013. 719 p

CHAPMAN, S.J, Fundamentos de máquinas elétricas, 5ªEdição, AMGH, 2013,
<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Fyg6AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=CHAPMAN,+2013+transformadores&ots=HKmcs1rapo&sig=KNohB0ya5Y01C1FNeya9pjgzY6U#v=onepage&q=CHAPMAN%2C%202013%20transformadores&f=false>

SENAI- SP, Eletricidade, volume 1, 2002. http://gerson.luqueta.com.br/index_arquivos/EletrSenai.pdf

AFONSO, A.P., ENIO FILONI, Eletrônica, circuitos elétricos, Centro Paula Souza, 2011,
<http://eletro.g12.br/arquivos/materiais/eletronica1.pdf>

BARBOSA, R.P., Eletrônica V, CETAM, 2016,
<http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/965/INSTRUMENTA%C3%87%C3%83O%20ELETROELETR%C3%94NICA%20-%20CIRCUITOS%20EL%C3%89TRICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PEIXOTO, J.A., Eletrotécnicabásica, SENAI, Gravataí, Janeiro2000,
<https://www.scribd.com/document/105546753/ELETROTECNICA-BASICA>