



Douglas Augusto Grün

**COMPARATIVO DE SOLDAGEM NOS MODOS CURTO CIRCUITO E POWER
MODE EM CHAPAS FINAS: UM ESTUDO DE CASO**

Horizontina-RS

2020

Douglas Augusto Grün

**COMPARATIVO DE SOLDAGEM NOS MODOS CURTO CIRCUITO E POWER
MODE EM CHAPAS FINAS: UM ESTUDO DE CASO**

Projeto do Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina, sob orientação da professora Francine Centenaro Gomes, Me.

Horizontina-RS

2020

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“Comparativo de soldagem nos modos curto circuito e Power Mode em chapas
finas: Um estudo de caso”**

**Elaborada por:
Douglas Augusto Grün**

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

Aprovado em: 17/07/2020
Pela Comissão Examinadora

Prof. Francine Centenaro Gomes, Me. Eng.
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Prof. Luis Carlos Wachholz, Me. Eng.
FAHOR – Faculdade Horizontalina

Prof. Paulo Augusto Soliman, Me. Eng.
FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS
2020**

Aos meus Pais, Gerson e Sirlei, por sua paciência e capacidade de acreditar em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua sabedoria e seus conselhos me deram confiança para chegar onde cheguei.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, em especial a todos amigos que estiveram presentes todos estes anos, o meu muito obrigado.

“Na falta de referência, seja”.
(Thiago Ventura)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamentos básicos para soldagem MIG/MAG.....	16
Figura 2 - <i>Stick-out</i> e comprimento do arco.....	17
Figura 3 - Modo de transferência curto circuito	18
Figura 4 - Comportamento da onda do curto circuito convencional considerando a corrente de soldagem em relação ao tempo.	18
Figura 5 – Modo de transferência globular	19
Figura 6 – Modo de transferência spray	20
Figura 7 – Modo de transferência pulsado	20
Figura 8 - Ciclo de corrente modo de transferência pulsado.....	21
Figura 9 – Comportamento da onda do <i>Power Mode</i> considerando a corrente de soldagem em relação ao tempo.	21
Figura 10 – Diagrama de porcentagem aproximada do teor de carbono em aços ligados quando esfriados lentamente.	22
Figura 11 – Fissuração no centro de um cordão.	23
Figura 12 – Porosidade no cordão de solda.....	23
Figura 13 – Solda com falta de fusão.....	24
Figura 14 – Solda com respingos.....	24
Figura 15 – Fotomicrografia de um aço com baixo teor de carbono.	25
Figura 16 – Fluxograma metodologia.....	26
Figura 17 – Chapa de aço utilizada no experimento.	27
Figura 18 – Imagem Microscópica do material (100x).....	28
Figura 19 – Fonte de solda Lincoln Electric S350.	29
Figura 20 – Equações para cálculo do heat input.	30
Figura 21 – Embutidora PRE-30S (a) Corpos de prova embutidos (b)	31
Figura 22 – Prensa Hidráulica Marcon	32
Figura 23 – Resultados corrente máxima e mínima (a) e tensões máxima e mínima (b).....	33
Figura 24 – Resultados <i>heat input</i>	34
Figura 25 – Macrografias das amostras soldadas (a) em modo curto circuito convencional e (b) no modo <i>Power Mode</i>	35
Figura 26 – Aparência do cordão de solda das amostras após dobramento (a) em modo curto circuito convencional e (b) no modo <i>Power Mode</i>	36

Figura 27 – Respingos de solda em modo curto circuito convencional (a) e Respingos de solda em modo <i>Power Mode</i> (b).....	37
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Parâmetros utilizados na soldagem em curto circuito convencional (a)	
Parâmetros utilizados na soldagem com <i>Power Mode</i> (b).	28

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

MAG – Metal Active Gas

MIG – Metal Inert Gas

GMAW - Gas metal-arc welding

NASCAR - National Association for Stock Car Auto Racing

Heat Input – Calor Absorvido

Workpoint – Potência (J)

Power Wave Manager – Software de obtenção de dados da Lincoln Electric

True Energy – Unidade calorífica utilizada pela Lincoln Electric (J)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.3 HIPÓTESES	12
1.4 JUSTIFICATIVA	13
1.5 OBJETIVOS	14
1.5.1 Objetivo Geral	14
1.5.2 Objetivos Específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG	15
2.1.1 Equipamentos de soldagem MIG/MAG (GMAW)	15
2.1.2 Stick-Out	16
2.2 MODOS DE TRANSFERÊNCIA DE SOLDA	17
2.2.1 Curto Circuito	17
2.2.2 Globular	19
2.2.3 Spray	19
2.2.4 Pulsado	20
2.3 POWER MODE	21
2.4 MACROGRAFIA E MICROGRAFIA	22
2.5 DEFEITOS DE SOLDAGEM	22
2.5.1 Trincas	23
2.5.2 Porosidade	23
2.5.3 Falta de fusão	24
2.5.4 Respingos de solda	24
2.6 AÇO BAIXO CARBONO	25
3 METODOLOGIA	26
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	27
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	27
3.2.1 Equipamento de soldagem	29
3.3 PARÂMETROS DE SAÍDA	29
3.4 ANÁLISE METALOGRÁFICA	30
3.5 ENSAIO DE DOBRAMENTO	31
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
4.1 PARÂMETROS DE SAÍDA	33
4.2 ANÁLISE METALOGRÁFICA	34
4.3 ENSAIO DE DOBRAMENTO	35
4.4 ANÁLISE DE RESPINGOS DE SOLDA	36
CONCLUSÃO	38
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
6 APÊNDICES	41

1 INTRODUÇÃO

A indústria vem buscando cada vez mais o aumento de produtividade, e qualidade juntamente com redução de custos e principalmente, adicionar valor agregado ao produto. Com o intuito de atingir esses resultados, as empresas especializadas em componentes de soldagem investem seus recursos em busca de novas tecnologias para agregarem ainda mais aos processos de seus clientes.

A soldagem de conjuntos de chapas de menores espessuras através de soldagem MAG (*Metal Active Gas*) é algo de grande demanda na indústria, e possui uma determinada lacuna no que tange a escolha do modo de transferência de soldagem, devido à dificuldade de regulagem do mesmo para cada caso específico, de modo que evite problemas na junta soldada ou que resulte em mordeduras na chapa de metal sendo soldada, e principalmente grande quantidade de respingos de solda, sendo assim, é de grande interesse a tentativa de aperfeiçoamento deste processo.

Com base nas necessidades atuais da indústria, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo entre o resultante de juntas de solda realizadas a partir de dois modos de soldagem distintos, transferência metálica por curto circuito e *Power Mode*, que se trata de uma tecnologia de controle de onda de soldagem que controla a potência de soldagem ao invés da tensão como de costume, e conseqüentemente, após análise, indicar qual o processo que possui mais vantagens em relação aos defeitos citados e conseqüentemente qual o modo mais adequado de acordo com a aplicação.

Como estudos de Gerhardt (2019) mostram que uma das ondas criadas pela *Lincoln Electric*, o *Rapid Arc*, que inicialmente foi criada para se utilizar nas soldagens de reparo da *NASCAR* devido a sua maior deposição em relação ao tempo, pode ser utilizado na indústria em busca de melhores resultados de produtividade, do mesmo modo se busca neste estudo uma melhoria de processo através do *Power Mode*.

1.1 TEMA

Este trabalho tem como tema a análise de modo de transferência de soldagem curto circuito e o *Power Mode* em chapa fina.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema que se encontra é que atualmente na indústria, grande parte da soldagem de chapas finas é feita através do processo de soldagem MAG no modo de transferência de curto circuito, modo de transferência este que tem suas vantagens, porém, que já se encontra um tanto quanto desatualizado e com certas características não desejáveis na atual situação da indústria, como por exemplo, um alto índice de respingo de solda gerado e devido à instabilidade do arco elétrico deste modo podem ocorrer falta de fusão da junta ou ocasionar mordeduras devido a alta taxa de calor aplicada, requerendo um operador com maior habilidade para evitar problemas do tipo mordeduras na chapa. Todas essas desvantagens causam um grande impacto de qualidade ou produtividade, tendo em vista que grande parte das chapas finas soldadas pertencem a blindagens e partes expostas de um produto e que se busca cada vez mais eficiência em processos de acabamento em qualquer empresa.

Com base exposto, o problema de pesquisa se caracteriza com a seguinte pergunta: O modo de transferência de soldagem MAG de curto circuito convencional que é o mais utilizado atualmente na indústria na soldagem de chapas finas é a melhor opção para o processo ou já existem variações de ondas de soldagem como o *Power Mode* que podem substituí-lo e melhorar seus resultados?

1.3 HIPÓTESES

Em geral o modo de transferência de soldagem de curto circuito convencional é o mais utilizado na indústria em chapas de menores espessuras devido a sua acessibilidade, sendo que pode ser encontrado em aparelhos mais antigos. Por outro lado, existem processos mais atualizados que podem ser empregados para agregar em produtividade e qualidade da junta soldada.

Entretanto, havendo tecnologias de ondas de soldagem mais atuais, como por exemplo o *Power Mode*, que promete melhores resultados do que o curto circuito

convencional referente a qualidade da junta soldada de alumínio e em questão de respingos de solda, devido a sua maior capacidade de controle de parâmetros.

Deste modo, cabe a este estudo identificar se a onda de soldagem do *Power Mode* pode ser eficaz também no aço carbono, e caso o resultado seja positivo, avaliar qual dos dois tipos de modo de transferência de soldagem em questão é o mais indicado a ser utilizado dentro das condições estabelecidas nos testes de soldagem.

1.4 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho, justifica-se por realizar uma pesquisa sobre duas tecnologias de soldagem MAG, sendo uma delas com relativamente pouca informação sobre, devido a ser utilizado atualmente apenas na soldagem de ligas de alumínio e compartilhar o resultado da pesquisa tanto para pessoas, quanto para empresas que desejam executar um processo de soldagem nas condições apresentadas e assim poder avaliar sua viabilidade de uso de acordo com seu processo atual.

Justifica-se também, pela escassez de informação técnica comparativa entre diferentes modos de transferência de soldagem nas condições propostas no trabalho, ou seja, a soldagem de chapas finas de aço carbono a partir do modo *Power Mode*. Portanto este trabalho visa provocar o interesse da indústria em implementar novas tecnologias para agregar mais valor ao seu produto.

Devido as principais fabricantes de fontes de solda estarem em evolução tecnológicas constantes, sendo uma delas a criação de novas ondas de soldagem, para melhorias de processos, cabe a este estudo analisar se um destes processos (*Power Mode*) pode ser vantajoso comparado com o método de soldagem mais utilizado pela indústria até o presente momento em processos nas condições utilizadas por este estudo.

De mesmo modo que Gerhardt (2019) comprovou que uma das ondas criadas pela Lincoln Electric, a *Rapid Arc*, oferecia vantagens na soldagem em comparação com os processos utilizados atualmente, se busca resultados favoráveis no *Power Mode*.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo sobre a utilização do modo de transferência de solda curto circuito convencional e *Power Mode*, em chapas de espessura de 1.2mm utilizando o gás de proteção 80% Argônio e 20% CO₂ e consumível ER70S-6 de 1mm e definir qual o processo mais adequado e que ofereça mais vantagens para as soldagens nas características indicadas pelo estudo.

1.5.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho constituem-se de:

- Definir os parâmetros de solda ideais para cada tipo de modo de transferência de acordo com a chapa utilizada.
- Criar corpos de prova dos diferentes modos de soldagem.
- Comparar, através de análise metalográfica da solda gerada e ensaio de dobramento se há diferença de resultados entre os modos de soldagem em termos de penetração na junta.
- Verificar se há diferença entre a quantidade de respingos de solda gerados pelos dois processos.
- Verificar se o *Power Mode* oferece maior estabilidade no arco elétrico em comparação com o curto circuito convencional, e se há diferença de *Heat Input* entre os dois modos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão abordados embasamentos teóricos referentes a processos de soldagem MIG/MAG, modos de transferência de solda e tecnologia de soldagem *Power Mode*.

2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG

A soldagem GMAW – *gas metal-arc welding*, mais conhecido como MIG/MAG é um processo constituído eletrodo de metal alimentado por uma fonte e um gás (argônio, hélio, dióxido de carbono ou outras misturas) usado para proteção da poça de fusão contra reagentes da atmosfera. (LINCOLN ELECTRIC, 1973)

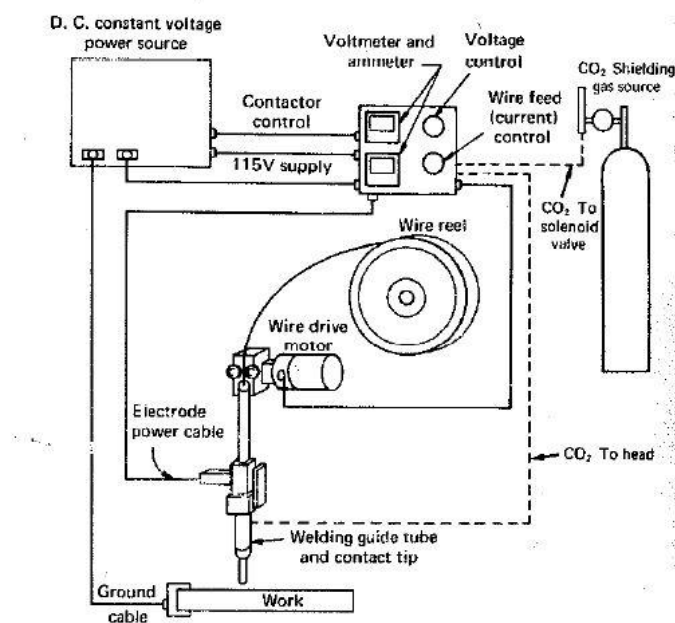
De acordo com Scotti, Ponomarev (2014) o processo de soldagem MIG/MAG pode ser automático, quando a movimentação da tocha de soldagem é feita por uma máquina, ou pode ser semi-automático, quando a movimentação da tocha é executada por um operador, e em ambos os casos a alimentação do arame é feita de forma mecânica.

Segundo Marques, Modenesi, Bracarense (2011), normalmente é um processo semi-automático onde a alimentação do eletrodo de arame é feita através de um alimentador motorizado, o operador é responsável pelo início de soldagem, mover a tocha no percurso da junta e pela interrupção da soldagem. A estabilidade do arco se dá pela contínua alimentação de arame e o comprimento do arco é mantido constante pelo sistema, independente dos movimentos executados pelo operador

2.1.1 Equipamentos de soldagem MIG/MAG (GMAW)

De acordo com *Lincoln Electric* (1973) equipamento de solda MIG/MAG é constituído basicamente por uma fonte de energia, uma tocha de solda, um alimentador de arame e por uma fonte de gás de proteção conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Equipamentos básicos para soldagem MIG/MAG



Fonte: Lincoln Electric, 1973.

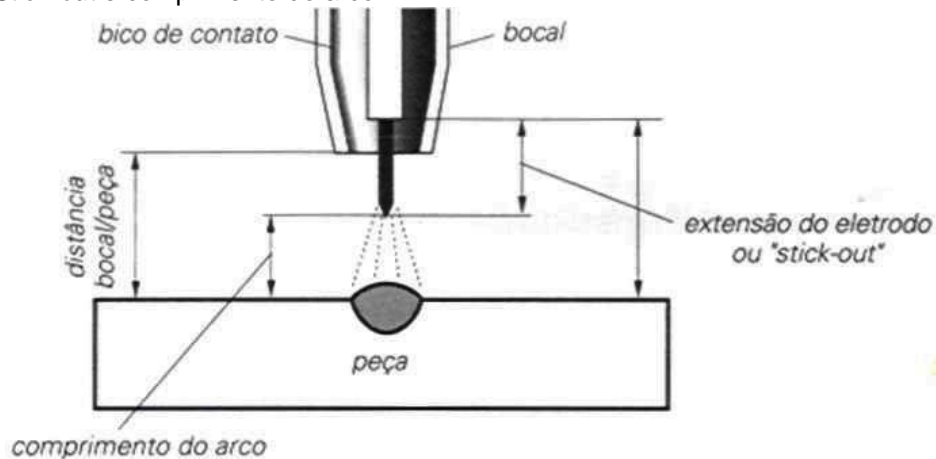
Segundo Poepcke (2013) as fontes de solda utilizadas em processos MIG/MAG normalmente utilizam tensão e corrente contínua, variando de acordo com o stick-out aplicado pelo operador, a fim de possibilitar maior penetração e estabilidade no arco elétrico.

De acordo com Marques, Modenesi e Bracarense (2011), a fonte de gás de proteção consiste normalmente de um cilindro de gás ou mistura de gases a serem usados na proteção do cordão de solda e reguladores de pressão e/ou vazão.

2.1.2 Stick-Out

Segundo Poepcke (2013) o *Stick-out* é a distância entre a o fim do bico de contato e o final do eletrodo, sendo que a distância entre a ponta do eletrodo e a peça é chamada de comprimento do arco.

Figura 2 - *Stick-out* e comprimento do arco



Fonte: Poepcke, 2013.

De acordo com Miller (2019) que a mudança de distância entre a tocha de soldagem e a peça afeta a resistência da soldagem, o que altera a corrente em um processo de MAG de tensão constante.

Segundo Miller (2019) manter ou *stick-out* constante durante uma solda é crucial, pois havendo uma mudança no mesmo, pode haver mudança de corrente, que deixará a solda fora de especificação. Com o eletrodo muito perto da peça aumentará a corrente e com o eletrodo perto da poça de fusão pode causar uma queima prematura de bico de contato e criar mordeduras/furar a peça. Por outro lado, com o *stick-out* maior, a corrente diminui e pode resultar em falta de penetração, que em ambos os casos requer um retrabalho.

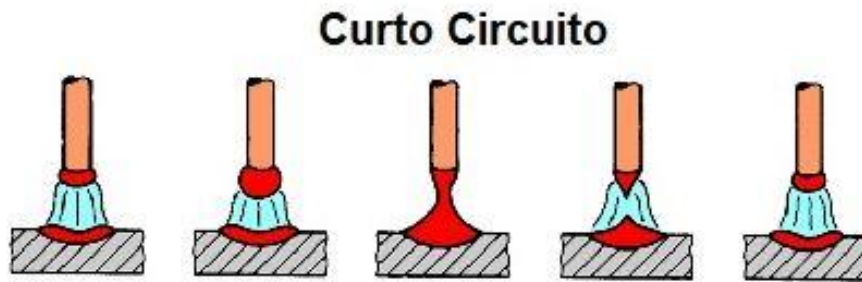
2.2 MODOS DE TRANSFERÊNCIA DE SOLDA

De acordo com Mathison (2008), a soldagem GMAW tem basicamente quatro tipos de modos de transferência metálica do eletrodo para a peça. Cada modo de transferência depende do processo de soldagem, da fonte de solda, do consumível e de diversos outros parâmetros como corrente, tensão, diâmetro do eletrodo e gás de proteção.

2.2.1 Curto Circuito

Segundo Mathison (2008) no modo de curto circuito a transferência de material só ocorre quando o eletrodo metálico toca a peça e lança um pulso de curto circuito, fazendo com que o metal derreta e se deposite na poça de fusão, como mostra a Figura 3:

Figura 3 - Modo de transferência curto circuito

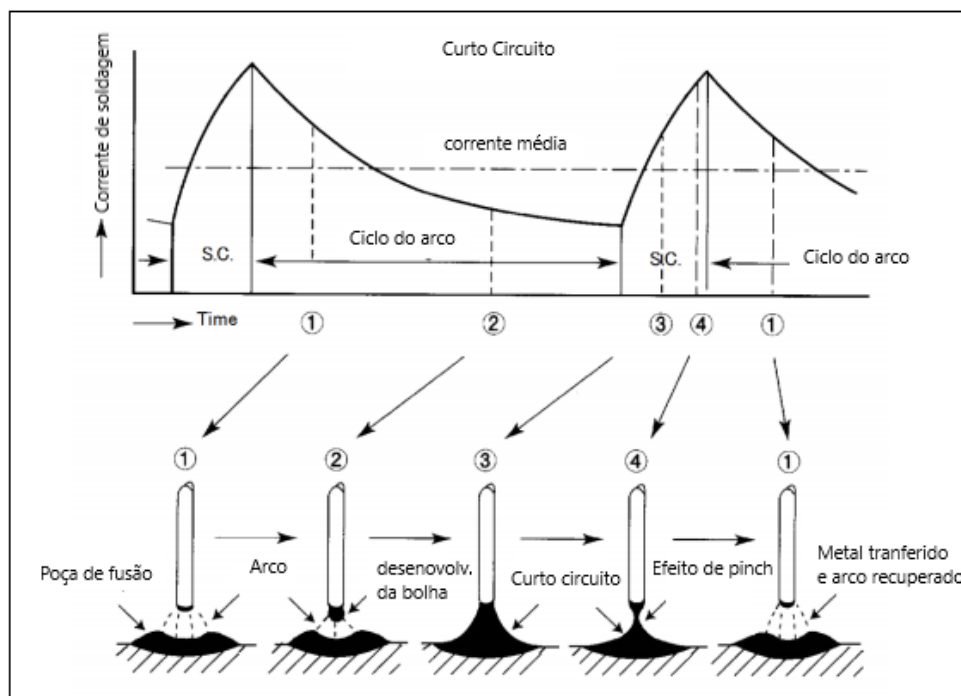


Fonte: Infosolda, 2013.

De acordo com Marques, Modenesi e Bracarense (2011) na transferência por curto circuito uma gota de metal se forma na ponta do eletrodo e vai aumentando de diâmetro, até tocar a poça de fusão, sendo rapidamente atraída para esta como consequência da tensão superficial.

Ainda de acordo com Marques, Modenesi e Bracarense (2011) este modo de transferência se caracteriza por uma grande instabilidade no arco, podendo apresentar a formação intensa de respingos.

Figura 4 - Comportamento da onda do curto circuito convencional considerando a corrente de soldagem em relação ao tempo.



Fonte: adaptado de Kobelco (2015)

Com uma pequena taxa de calor absorvida pela peça durante o processo, o que se deve à baixa corrente e tensão aplicadas nesse tipo de processo, o modo de

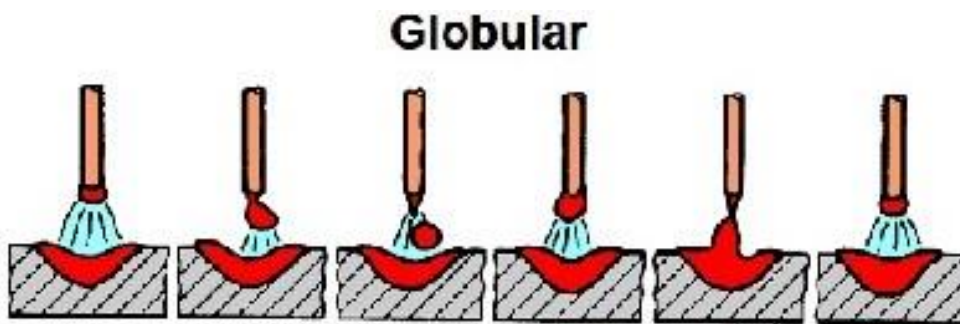
curto circuito é geralmente utilizado para soldagem de chapas de menores espessuras ou em passes de raiz em juntas com uma abertura muito grande na junta soldada. (ARMAO, 2004).

2.2.2 Globular

O modo de transferência globular é quando o eletrodo de solda do qual é formado o arco é depositado através de grandes gotas, normalmente maiores do que o diâmetro do eletrodo utilizado. (MATHISON, 2008).

Segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2011) a transferência globular ocorre com valores intermediários de tensão e corrente de soldagem e resultam em um arco mais estável do que o modo de curto circuito, porém, a transferência é mais caótica e imprevisível, produzindo uma quantidade maior de respingo de solda, e como gotas de metal fundido se transferem principalmente por ação da gravidade, sua utilização estaria limitada a posição plana, mas em função de seus pontos negativos ela é evitada.

Figura 5 – Modo de transferência globular



Fonte: Infosolda, 2013.

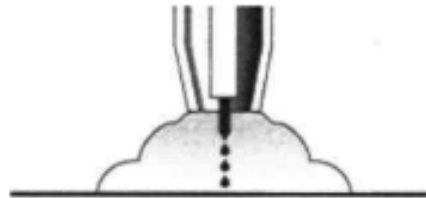
Ainda de acordo com Mathison (2008) esse modo é usado normalmente em posições de soldagem plana e horizontal devido ao tamanho da gota de fusão do eletrodo ser difícil de se controlar em posições verticais e sobre cabeça. Este é também o modo de transferência que produz a maior quantidade de respingos.

2.2.3 Spray

O modo de transferência por *spray*, é caracterizado por um *spray* de minúsculas gotas de metal de solda derretido, normalmente menor do que o

diâmetro do arame de solda utilizado e utiliza de alta tensão e velocidade de alimentação de arame ou corrente. (MATHISON, 2008)

Figura 6 – Modo de transferência spray



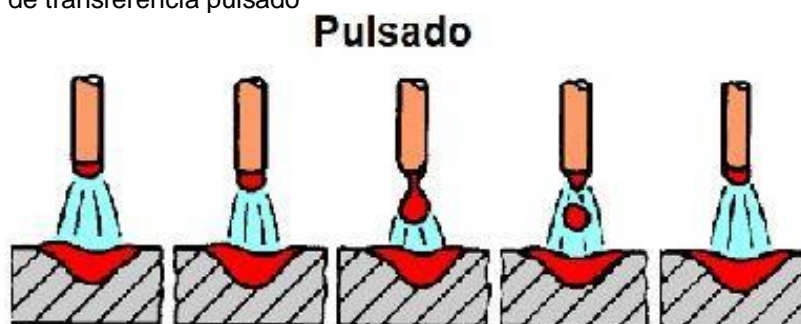
Fonte: Sumig, 2018.

Segundo Poepcke (2013), é aconselhado sempre que possível utilizar o modo de transferência de *spray*, pois ele permite altas taxas de deposição e defeitos como falta de fusão e de penetração podem ser eliminados com a seleção de parâmetros adequados à utilização. Por outro lado, ele só deve ser utilizado em posições plana e horizontal, devido à dificuldade de controlar a sua poça de fusão, além disso, sua aplicação em chapas finas é dificultada pelo fato de ser utilizada em altas correntes de soldagem.

2.2.4 Pulsado

Também conhecido como *pulse-spray*, nesse modo de transferência a fonte de solda alterna entre um alta corrente de transferência em spray e uma baixa corrente de base, o que permite o resfriamento da poça de fusão, diminuindo seu *heat input* comparada ao spray convencional. (MATHISON, 2008).

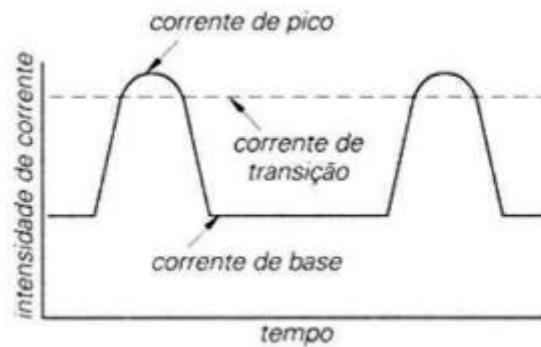
Figura 7 – Modo de transferência pulsado



Fonte: Infosolda, 2013.

O nível baixo de corrente, que é a corrente base, conserva o arco aberto, porém não tem energia o suficiente para formar uma gota na ponta do eletrodo, já na corrente de pico, tem uma intensidade maior necessária para ocorrer a transferência. (POEPCKE, 2013).

Figura 8 - Ciclo de corrente modo de transferência pulsado



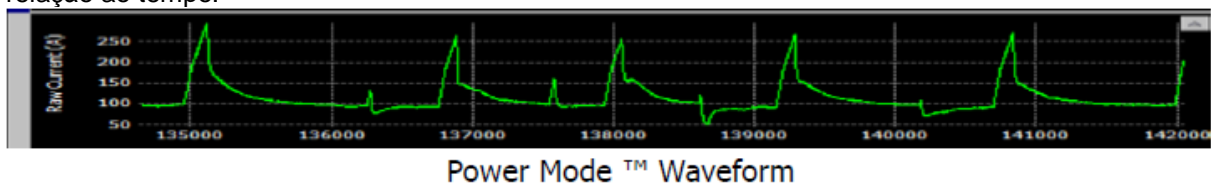
Fonte: Poepcke, 2013.

Durante cada pulso, uma ou mais gotas são formadas e transferidas. A frequência e intensidade do pulso controlam o nível de energia do arco, e conseqüentemente a velocidade com que o arame é fundido. (POEPCKE, 2013).

2.3 POWER MODE

De acordo com Lincoln Electric (2011) o *Power Mode* é uma tecnologia de controle de onda utiliza que a unidade de energia Watt ($W = V \times I$) para regular o comprimento do arco e que habilita a fonte de solda a estabilizar o arco elétrico de acordo com a mudança do "stick-out" mantendo sua potência em Watts, ou seja, mantendo a soldagem dentro dos parâmetros desejados e minimizando índices de características não desejadas em uma solda com porosidade ou mordeduras resultadas por imperícia do operador.

Figura 9 – Comportamento da onda do *Power Mode* considerando a corrente de soldagem em relação ao tempo.



Fonte: Lincoln Electric (2011)

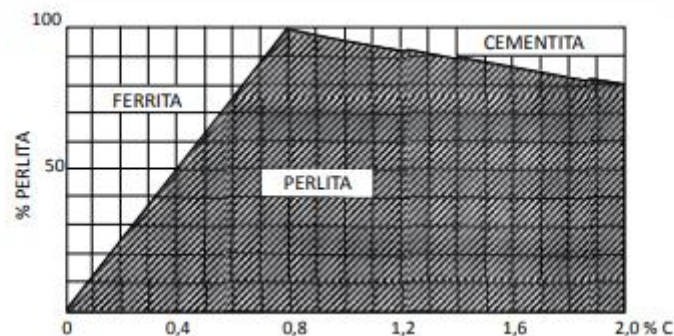
Lincoln Electric (2011) afirma que a tecnologia *Power Mode* consegue estabilizar o arco mesmo em correntes muito baixas podendo assim ser utilizado como uma soldagem de curto circuito, especialmente em chapas finas. Afirma também que o controle de onda permite que não haja tanto respingo de solda como no modo de transferência de curto circuito.

2.4 MACROGRAFIA E MICROGRAFIA

A macrografia consiste em na análise a olho nu ou com pouca ampliação (até 50x) de uma peça ou amostra metálica obtida de uma seção plana, previamente lixada e polida e atacada por um químico reativo apropriado. (COLPAERT, 1974).

Segundo Rohde (2010), o ensaio micrográfico consiste no estudo de produtos metalúrgicos com o auxílio de microscópio, onde se pode observar as fases presentes e identificar a granulação do material e o teor aproximado de carbono no aço.

Figura 10 – Diagrama de porcentagem aproximada do teor de carbono em aços ligados quando esfriados lentamente.



Fonte: Colpaert (1974)

De acordo com Colpaert (1974), após atacada por um reativo adequado, a ferrita apresenta-se ao microscópio como grãos brancos com finos contornos pretos, enquanto a perlita apresenta coloração mais ou menos escura e sob baixas ampliações apresenta-se como grãos pretos.

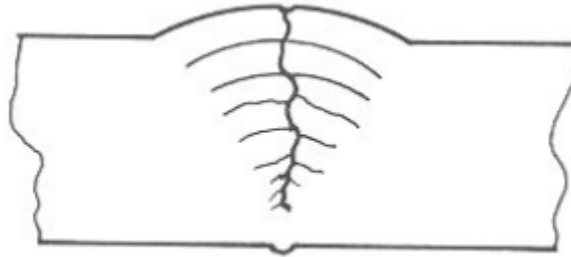
2.5 DEFEITOS DE SOLDAGEM

Segundo Binzel (2019) um defeito de soldagem é qualquer falha que compromete a utilidade da junta soldada e que de acordo com a Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME) 41% das causas destes defeitos são por condições de processo desfavoráveis.

2.5.1 Trincas

De acordo com Binzel (2019) esse é um dos defeitos mais comuns na soldagem e não é aceito pela maioria dos padrões da indústria.

Figura 11 – Fissuração no centro de um cordão.



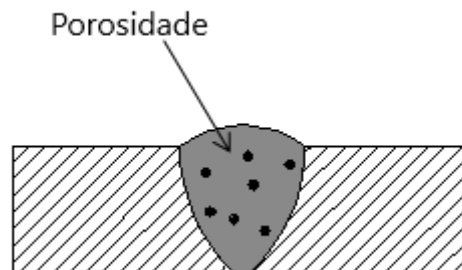
Fonte: Esab (2015)

Segundo Esab (2015) trincas podem ocorrer quando a composição do metal base e o metal de solda tiverem teores de liga muito distintos, o que pode ser resolvido com a escolha de consumíveis especiais que proporcionam a adição de elementos que reduzem a faixa de temperatura de solidificação.

2.5.2 Porosidade

A porosidade é o resultado de contaminação do metal. Os gases presos criam uma solda cheia de bolhas que se torna fraca e com o tempo pode entrar em colapso. (BINZEL, 2019)

Figura 12 – Porosidade no cordão de solda.



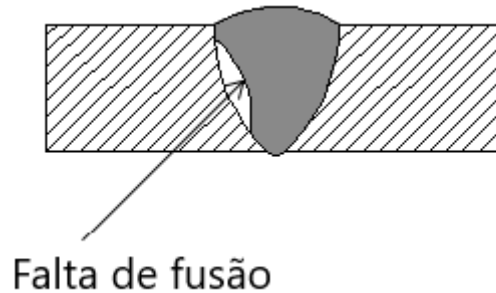
Fonte: adaptado de Binzel (2019)

De acordo com ESAB (2015), embora que a porosidade não seja um defeito crítico as propriedades mecânicas ela pode ser um problema quando aflora na superfície da solda. Quando isso acontece, pode favorecer a formação de entalhes que podem causar falha prematura por fadiga.

2.5.3 Falta de fusão

Segundo Binzel (2019) falta de fusão é quando a espessura do cordão de solda é inferior à desejada.

Figura 13 – Solda com falta de fusão.



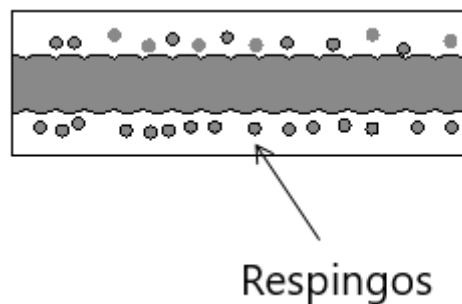
Fonte: adaptado de Binzel (2019)

De acordo com Esab (2015) é um defeito comum e pode ser fácil de evitar. A causa pode ser uma corrente de soldagem muito baixa ou uma velocidade de soldagem inadequada.

2.5.4 Respingos de solda

O respingo ocorre quando pequenas partículas de solda aderem a superfície em sua volta. Os respingos de solda não podem ser completamente eliminados, entretanto, há algumas maneiras de reduzir o aparecimento dos mesmos. (BINZEL, 2019)

Figura 14 – Solda com respingos.



Fonte: adaptado de Binzel (2019)

Ainda de acordo com Binzel (2019) pode ser causado por corrente muito alta ou tensão muito baixa, ângulo do eletrodo muito íngreme ou o arco estar muito longo.

2.6 AÇO BAIXO CARBONO

De acordo com Cimm (c2020) aços de baixo carbono apresentam a quantidade máxima de aproximadamente 0,3% de carbono em sua composição. Possuem normalmente resistência mecânica e dureza baixas, enquanto sua ductilidade e tenacidade são altas.

Figura 15 – Fotomicrografia de um aço com baixo teor de carbono.



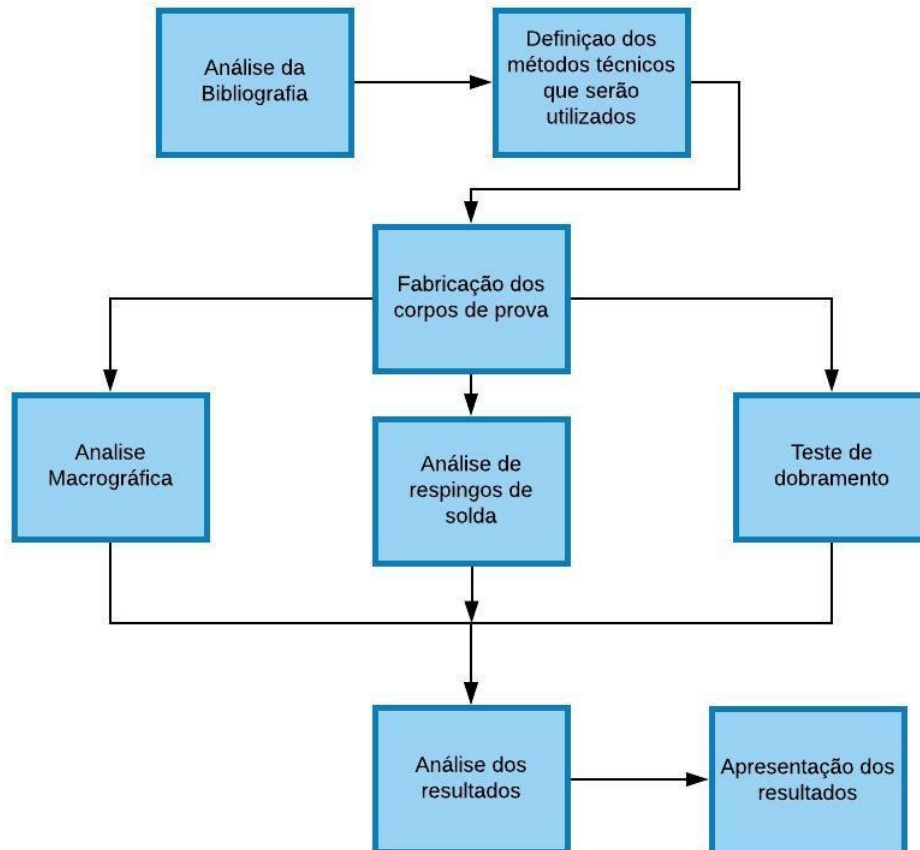
Fonte: Colpaert (1974)

As ligas de aço com baixo teor de carbono oferecem muitas aplicações, entre elas, os assoalhos de veículos como caminhões, ônibus e carros, portas de automóveis, eletrodomésticos, rodas, entre outras.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, descreve-se a metodologia utilizada para a elaboração dos corpos de prova, parâmetros de soldagem selecionados, para a fabricação dos corpos de prova e para as análises técnicas que serão realizadas.

Figura 16 – Fluxograma metodologia.



Fonte: O autor (2020)

Considerando os objetivos e o problema de pesquisa, segundo Gil (2002), optou-se por direcionar o trabalho para ser do tipo exploratório, sendo um estudo de caso.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Primeiramente foi realizado um estudo bibliográfico a partir de livros, revistas, artigos técnicos e afins, com o intuito de reunir informações relevantes sobre o assunto, levando em consideração soluções para resolver o problema de pesquisa.

Partindo deste princípio, foi estabelecido que há a necessidade de realizar a obtenção dos dados de saída da soldagem realizada na obtenção dos corpos de prova, sendo eles, a energia de soldagem para futuro cálculo do *heat input* desta soldagem, tensão e corrente média para comparação através dos ensaios de dobramento e de análises metalográficas.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os procedimentos de soldagem dos corpos de prova utilizados neste trabalho, foram realizados no Laboratório de soldagem, que se localiza na FAHOR – Faculdade Horizontina.

As chapas utilizadas na produção de amostras para o estudo, são de aço 1020, com dimensões de 150 x 75 mm, conforme a Figura 17, sendo que estas foram confeccionadas pelo processo de corte a laser.

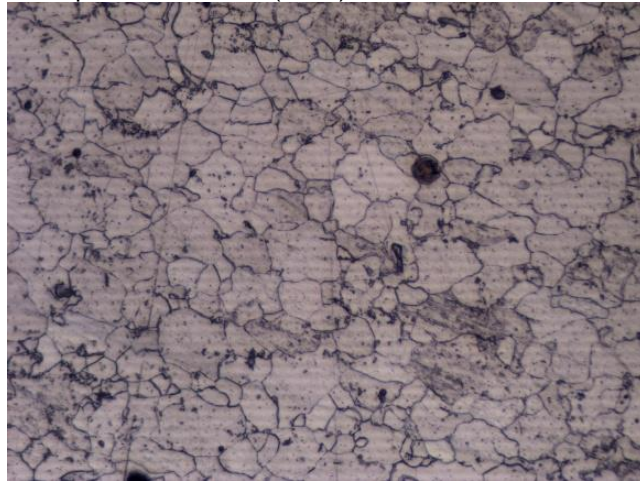
Figura 17 – Chapa de aço utilizada no experimento.



Fonte: O autor (2020)

O percentual aproximado de carbono do material foi verificado a partir da análise micrográfica do material previamente cortado e atacado com Nital 1% e com um como mostra a Figura 18.

Figura 18 – Imagem Microscópica do material (100x)



Fonte: O autor (2020)

Como pode ser visto na figura acima, e explicado pela figura 10, podemos ver pequenas ilhas de perlita cercadas por maiores quantidades de ferrita, o que basicamente corresponde a um aço com baixo teor de carbono.

O primeiro passo foi realizar o processo de soldagem dos corpos de prova com os diferentes modos de soldagem, curto circuito convencional e *Power Mode*. Antes de executar a soldagem das peças, foi efetuado o ponteamto das mesmas, preparando-as para a soldagem de uma junta em “L”, e então finalmente, executar o cordão de solda unindo as das duas chapas, formando um cordão de 150mm e de cateto de 4mm.

Ao todo foram fabricados 12 corpos de prova, utilizados os dois modos de soldagem citados e duas energias de soldagem distintas que estão disponíveis no quadro 1 abaixo:

Quadro 1– Parâmetros utilizados na soldagem em curto circuito convencional (a) Parâmetros utilizados na soldagem com *Power Mode* (b).

Curto Circuito Convencional		
Corpo de Prova	Tensão (V)	Velocidade de arame (pol/min)
1	17,1	200
2	17,1	200
3	17,1	200
4	16,1	150
5	16,1	150
6	16,1	150

(a)

Power Mode		
Corpo de Prova	WorkPoint (kW)	Velocidade de arame (pol/min)
7	1,15	180
8	1,15	180
9	1,15	180
10	0,85	155
11	0,85	155
12	0,85	155

(b)

Fonte: O autor (2020)

A diferença de velocidade de arame utilizada nos modos de curto circuito convencional e Power Mode se dá devido a configuração de parâmetros do *Power Mode* ser realizada através do *Workpoint* ao invés de tensão, como normalmente é feito, antes de fabricar os corpos de prova de 7 a 12 foram realizados testes, para que a tensão e corrente de saída atingissem os níveis mais próximos possíveis com os parâmetros de saída atingidos nos corpos de prova anteriores, alcançando assim os valores destacados na tabela 1 (b).

3.2.1 Equipamento de soldagem

A soldagem dos corpos de prova foi efetuada por uma fonte de soldagem MAG da marca Lincoln, modelo S350 conforme Figura 19.

Figura 19 – Fonte de solda Lincoln Electric S350.



Fonte: ARMAO (2004)

O gás de proteção utilizado foi o 80-20, mistura de 80% Argônio e 20% de CO₂, e o consumível utilizado foi o arame ER70S-6 de 1mm da marca Lincoln Electric.

3.3 PARÂMETROS DE SAÍDA

Através do software “*Power Wave Manager*” instalado em um computador conectado à máquina de solda através de um cabo de rede, foi possível obter uma grande gama de informações sobre cada cordão de solda, sendo possível assim, uma análise dos parâmetros de saída obtidos na soldagem de cada corpo de prova.

A partir dos dados de *True Energy* (J) que foram obtidos neste processo, podemos calcular o *heat input* gerado por esse cordão de solda através da equação mostrada pela figura 20.

Figura 20 – Equações para cálculo do heat input.

Cálculo Tradicional de Heat Input

$$\text{Heat Input} = \frac{V_{\text{média}} \cdot A_{\text{média}} \cdot 60}{\text{Distância percorrida}} = \frac{\text{(J or kJ)}}{\text{(in. or mm)}}$$

Cálculo do Heat Input através do valor de True energy

$$\text{Heat Input} = \frac{\text{Valor de True Energy}}{\text{distância percorrida}} = \frac{\text{(J or kJ)}}{\text{(in. or mm)}}$$

Fonte: adaptado de Lincoln (2011)

Como o valor fornecido pela fonte de solda é o de *True Energy*, foi usada a segunda equação para calcular o *heat input* do cordão de solda.

Os resultados detalhados sobre cada corpo de prova se encontram na seção de apêndices deste trabalho.

3.4 ANÁLISE METALOGRAFICA

Após a fabricação de todos os corpos de prova, foram selecionados quatro deles para ser feito o corte e posterior análise dos mesmos, sendo eles os números 3, 6, 9 e 12, correspondentes a todos os tipos de modos de soldagem e das diferentes energias de soldagem utilizadas no estudo. O corte foi efetuado em local aleatório de cada corpo de prova.

Com o produto do corte dos corpos de prova, utilizou-se a embutidora PRE-30S da marca Arotec, conforme a Figura 21 (a), para fazer o embutimento da soldagem com baquelite e facilitar o processo de lixamento, obtendo assim as amostras vistas na Figura 21 (b).

Figura 21 – Embutidora PRE-30S (a) Amostras embutidas (b)



(a)

(b)

Fonte: O autor (2020)

Após o embutimento, o material de análise foi lixado com lixas com granulação de 100, 220, 400 e 1200 e posteriormente polidos com alumina $1,0\mu$ para conseguir o acabamento desejado.

Em seguida, os corpos de prova foram submetidos ao ataque químico, com a solução de nital 1% durante aproximadamente 30 segundos por peça, assim foi possível identificar a olho nu a diferença entre a chapa e a solda, podendo assim identificar a penetração da soldagem.

3.5 ENSAIO DE DOBRAMENTO

Para a realização do ensaio de dobramento, foram selecionados os corpos prova de número 2, 4, 8 e 10, correspondentes a todos os tipos de modos de soldagem e das diferentes energias de soldagem utilizadas no estudo. Os mesmos foram realizados em uma prensa hidráulica de bancada Marcon.

Figura 22 – Prensa Hidráulica Marcon



Fonte: O autor (2020)

Os corpos de prova selecionados foram submetidos a prensagem até o ponto em que as chapas ficassem paralelas, com o objetivo de observar se formaria alguma trinca na solda após essa dobra.

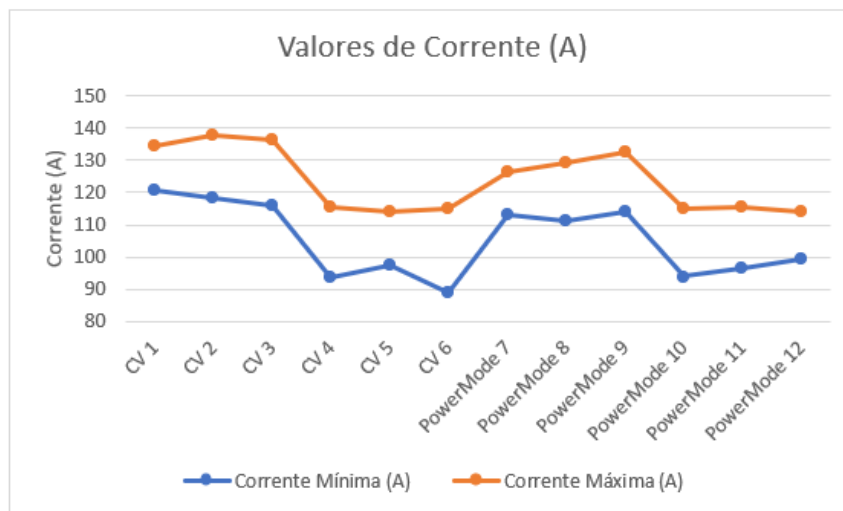
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo serão apresentados os resultados dos parâmetros de saída obtidos, análises metalográficas, ensaios de dobramento e análise de respingos de solda das amostras.

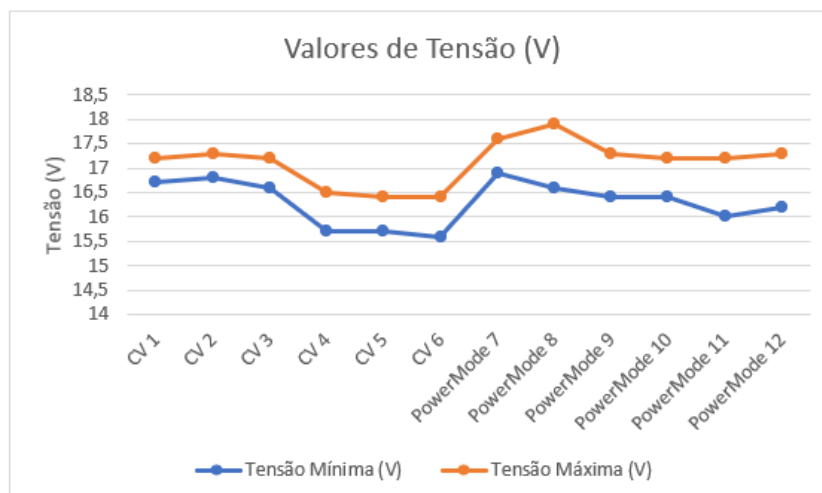
4.1 PARÂMETROS DE SAÍDA

Através dos parâmetros de saída da fonte de solda foi possível a obtenção das correntes e tensões máximas e mínimas de cada cordão de solda, que são mostradas na figura 23.

Figura 23 – Resultados corrente máxima e mínima (a) e tensões máxima e mínima (b)



(a)

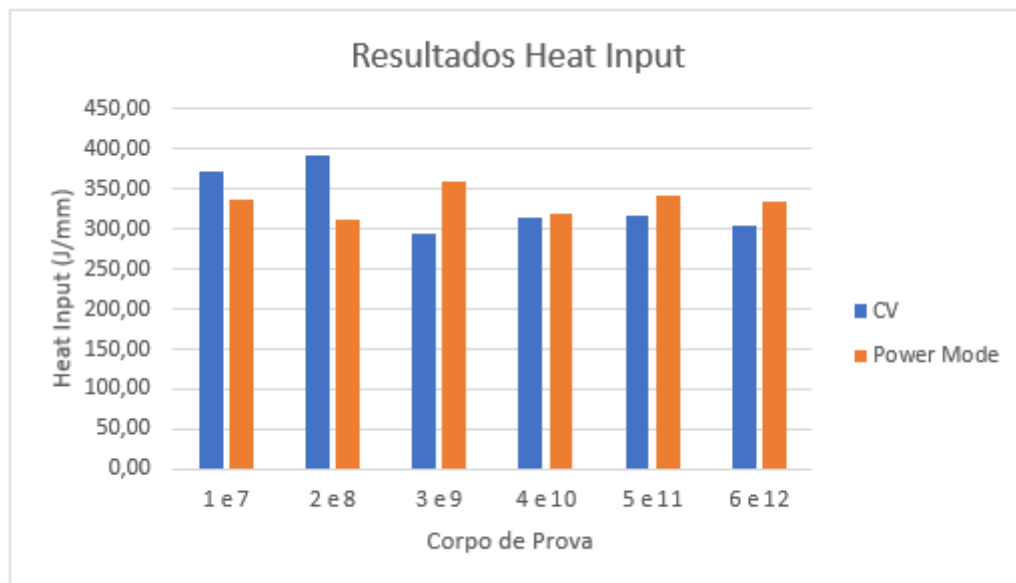


(b)

A partir destes resultados, podemos ver que apesar de conseguirmos baixar a corrente aplicada no cordão de solda no modo *Power Mode*, a tensão se manteve mais alta neste modo, fazendo com que a energia de soldagem e consequentemente o *heat input* aumente.

Outro resultado se obteve através do cálculo do *heat input* gerado pelos cordões de solda, obteve-se o resultado mostrado pela figura 24 abaixo.

Figura 24 – Resultados *heat input*.



Fonte: O autor (2020)

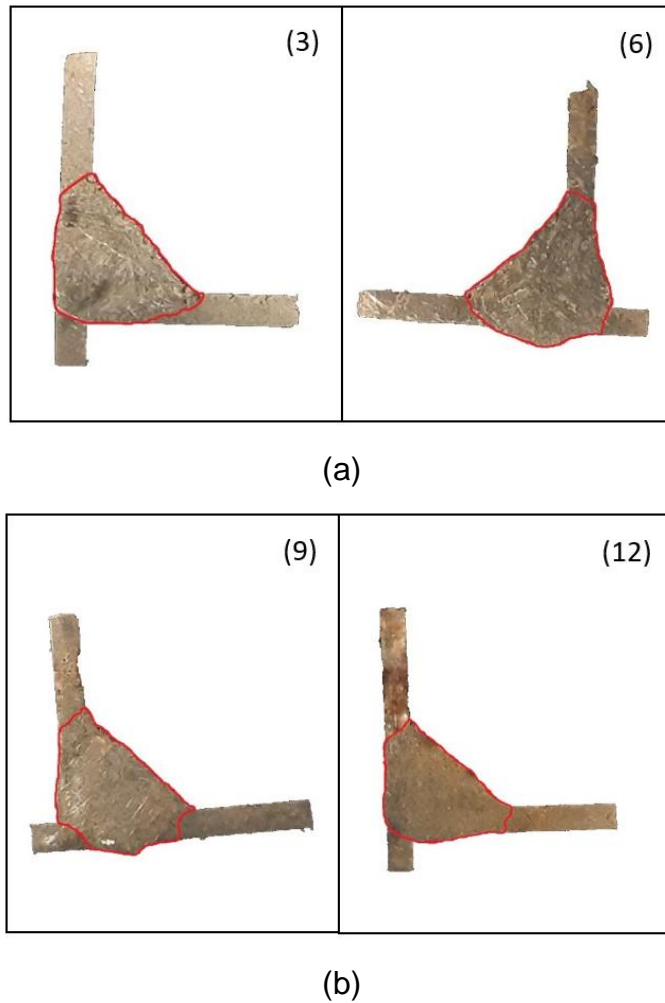
Vale salientar que para os resultados de *heat input*, quanto menores os valores alcançados, melhores são os resultados, tendo em vista que quanto maior calor aplicado na solda, pode provocar problemas posteriores na solda aplicada.

Os resultados obtidos através do cálculo do *heat input* mostram que apesar do modo *Power Mode* apresentar melhores resultados em uma energia de soldagem mais alta, o mesmo não se mostra mais efetivo quando a mesma for diminuída.

4.2 ANÁLISE METALGRÁFICA

A figura 25, apresenta a macrografia das juntas soldadas em “L” nos modos curto circuito convencional e *Power Mode*, atacadas com nital 1% após previamente cortadas dos corpos de prova e lixadas.

Figura 25 – Macrografias das amostras soldadas (a) em modo curto circuito convencional e (b) no modo *Power Mode*



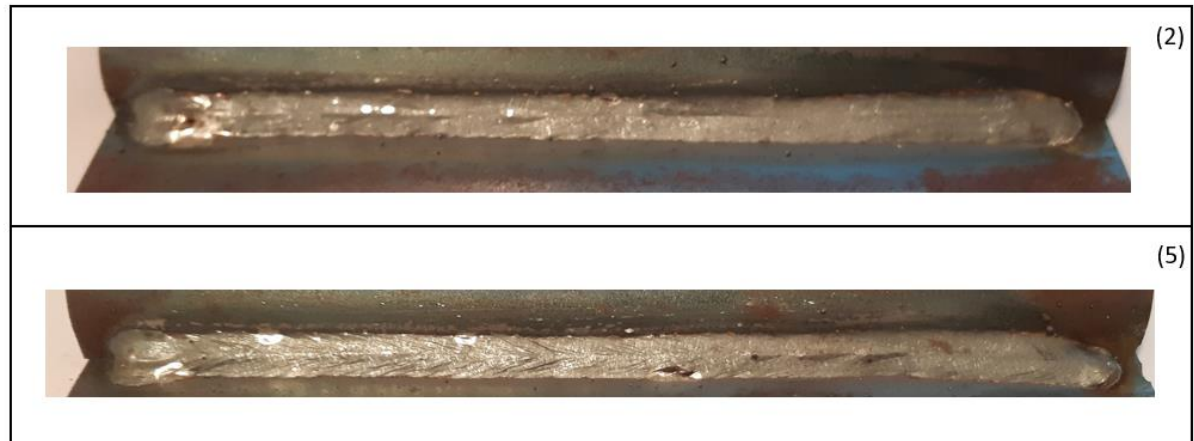
Fonte: O autor (2020)

Através desta análise, foi possível verificar que em ambos os modos de soldagem atenderam no quesito de penetração, apresentando resultados significativamente parecidos.

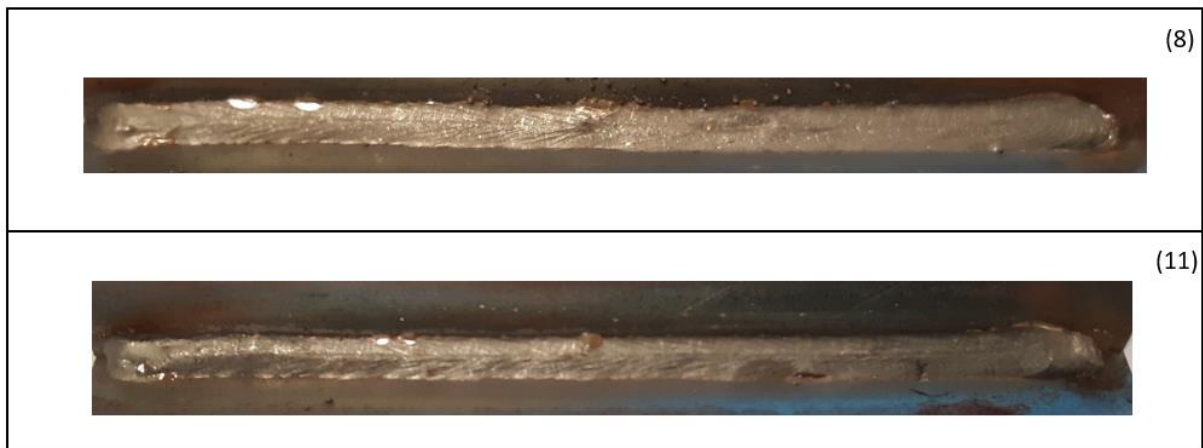
4.3 ENSAIO DE DOMBRAMENTO

A figura 26, apresenta a aparência dos cordões de solda dos corpos de prova 2, 5, 8 e 11 que representam soldagens realizadas nos modos curto circuito convencional e *Power Mode* em parâmetros de soldagem distintos, após o dobramento dos mesmos até as chapas ficarem paralelas (180°).

Figura 26 – Aparência do cordão de solda das amostras após dobramento (a) em modo curto circuito convencional e (b) no modo *Power Mode*.



(a)



(b)

Fonte: O autor (2020)

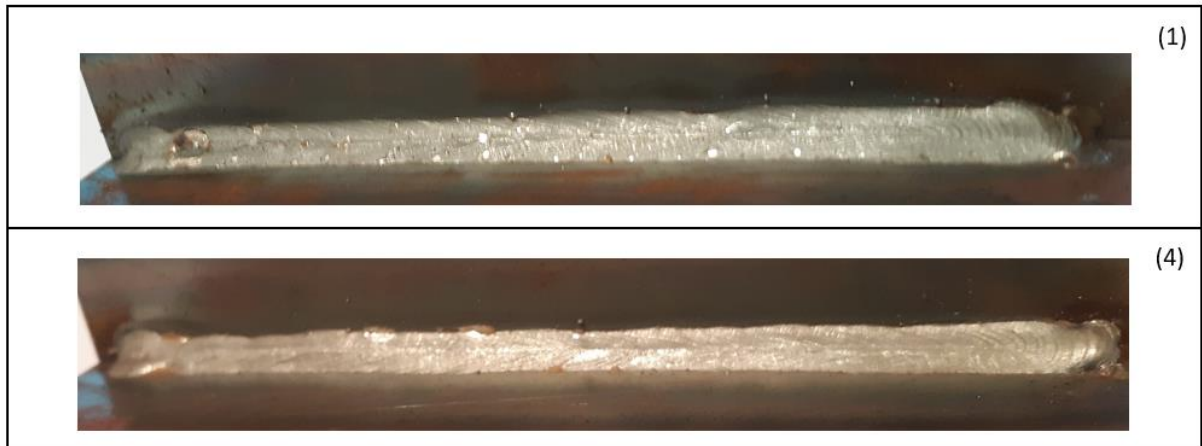
Ao analisar os resultados do ensaio de dobramento, não foram detectados indícios de princípio de trincas ou descontinuidades na solda em ambos os modos de soldagem.

Vale salientar que o ensaio de dobramento realizado no trabalho não é de acordo com a norma ISO 5173:2009 devido à grande dificuldade em alcançar todas especificações citadas na norma, em uma aplicação em chapas finas.

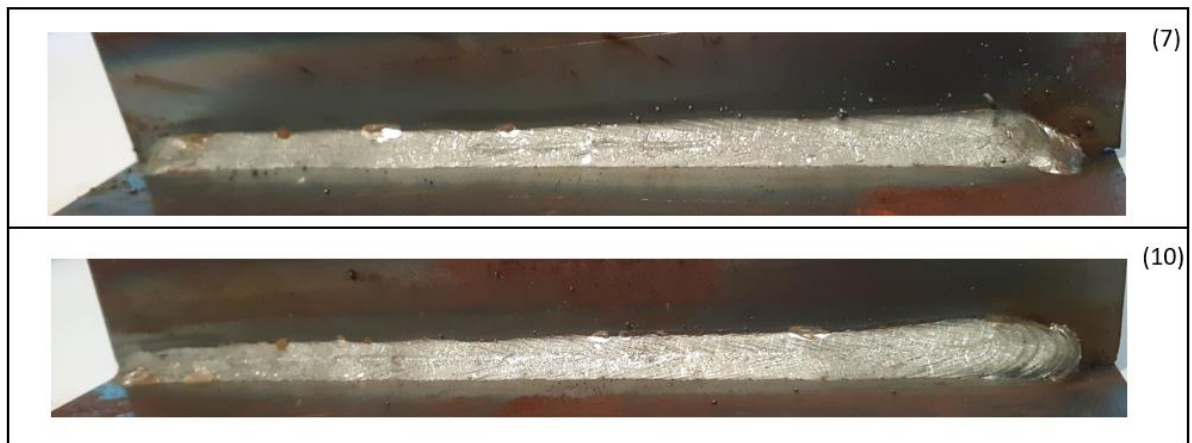
4.4 ANÁLISE DE RESPINGOS DE SOLDADA

A figura 27, apresenta uma visão dos respingos de solda gerados pelos cordões de solda dos corpos de prova 1, 4, 7 e 10 que representam soldagens realizadas nos modos curto circuito convencional e *Power Mode*.

Figura 27 – Respingos de solda em modo curto circuito convencional (a) e Respingos de solda em modo *Power Mode* (b)



(a)



(b)

Fonte: O autor (2020)

A partir de uma análise superficial quantitativa sobre os corpos de prova citados, o resultado é de que apesar do índice de respingos de solda gerados pelo modo curto circuito convencional ser considerado alto (8 respingos no corpo de prova 1 e 5 respingos no corpo de prova 4), o índice de respingos do *Power Mode* é ainda maior (15 respingos no corpo de prova 7 e 7 respingos no corpo de prova 10).

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos pelas avaliações visuais, mecânicas e metalográficas conclui-se que com as condições em que o estudo foi realizado o *Power Mode* não se mostrou eficaz.

Apesar de não apresentar falta de fusão e trincas nos resultados dos ensaios metalográficos e de dobramento, o que já era esperado para uma soldagem de chapas finas, a falta de controle dos parâmetros de saída comparado com o curto circuito convencional e com o índice muito elevado de respingos de solda do *Power Mode* nas condições adotadas para o estudo não foram favoráveis.

Vale salientar também que o *Power Mode* não mostrou uma consistência nos resultados de *heat input*, nos quais apresentou o maior valor em comparação ao curto circuito convencional em dois de seis casos, lembrando que quanto menor o valor de *heat input*, melhor o resultado, pois diminui a chance de ocorrer falhas futuras na solda.

Deste modo, pode-se concluir que para a soldagem MAG de chapas finas de aço carbono, utilizando o gás de proteção 80% Argônio e 20% CO₂ continua sendo o modo de curto circuito convencional o mais adequado para o processo e o modo *Power Mode* fica até então limitado a sua aplicação original, que é a soldagem de chapas finas de alumínio.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKERS, Ryan; ANDERSON, Preston; BARRET Mike. **Waveform Comparison between STT, CV and Power Mode GMAW Processes**. Disponível em: <https://awo.aws.org/wpcontent/uploads/posters2015/B/CategoryB-RyanAkers-HONORABLEMENTION.pdf>. Acesso em 12 set. 2019.
- ARMAO, F.; BYALL, L.; KOTECKY, D.; MILLER, D.; NAZDAM, J. **Gas Metal Arc Welding: Product and procedure selection**. Cleveland, 2004.
- LINCOLN ELECTRIC. **The procedure handbook of arc welding**. 3 ed. Cleveland, 1973.
- MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia**. 3 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.
- MATHISON, Jerry. **Understanding transfer modes for GMAW**. Disponível em: <https://www.thefabricator.com/thewelder/article/consumables/understanding-transfer-modes-for-gmaw>. 2008. Acesso em 30 set. 2019.
- INFOSOLDA. **Processo mig/mag – Modos de transferência**. Disponível em: <https://infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/processos/175-processo-mig-mag-modos-de-tranferencias>. 2013. Acesso em 30 set. 2019.
- LINCOLN ELECTRIC. **PowerMode™ waveform control technology**. Disponível em <https://www.lincolnelectric.com/assets/US/EN/literature/NX260.pdf>. 2011. Acesso em 30 set 2019.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- POEPCKE, José Saturnino. **Soldagem: Área Metalurgia**. São Paulo: Editora SENAI-SP, 2013.
- SCOTTI, Américo; PONOMAREV, Vladimir. **Soldagem MIG/MAG**. 2 ed. São Paulo: Artliber Editora, 2014.
- COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.
- SOUZA, Sérgio Augusto de. **Ensaio mecânicos de materiais metálicos: Fundamentos teóricos e práticos**. 5 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.
- SUMIG. **Tudo o que você precisa saber sobre o processo de soldagem MIG/MAG**. Disponível em: <https://www.sumig.com/pt/blog/post/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-processo-de-soldagem-mig-mag>. 2018. Acesso em 11 mai. 2020.
- MILLER. **What are stickout, electrode extention and contact-tip-to-work distance**. Disponível em: <https://www.millerwelds.com/resources/article-library/what->

[are-stickout-electrode-extension-and-contact-tip-to-work-distance](#). 2019. Acesso em 18 mai 2020.

KOBELCO. **Essential factors in gas shielded metal arc welding**. Disponível em: https://www.kobelco.co.jp/english/welding/events/files/2015_KOBELCO_GMAW.pdf. 2015. Acesso em 19 mai 2020.

ROHDE, Regis A. **Metalografia Preparação de amostras: Uma abordagem prática**. 2010

GERHARDT, Rogério A. **Análise comparativa dos modos de transferência metálica aerossol, pulsado convencional e Rapid Arc para o processo de soldagem MAG**. Trabalho de conclusão de curso – FAHOR, Horizontina, 2019.

BINZEL do Brasil. **7 defeitos mais comuns na soldagem, causas e soluções**. 2019. Disponível em: <https://blog.binzel-abicor.com/pt/7-defeitos-mais-comuns-na-soldagem-causas-e-solu%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em 04 jul. 2020.

ESAB. **Apostila de metalurgia da soldagem**. 2015. c2020. Disponível em: <https://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/apostilametalurgiasoldagem.pdf>. Acesso em 04 jul. 2020.

CIMM. **Definição – O que é aço de baixo carbono**. c2020. Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/612-aco-de-baixo-carbono>. Acesso em 04 jul. 2020.

Mecânica Industrial. **Diferentes utilizações do aço com baixo teor de carbono**. c2020. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/481-diferentes-utilizacoes-do-aco-com-baixo-teor-de-carbono/>. Acesso em 04 jul. 2020.

6 APENDICES

Apêndice A – Informações detalhadas corpo de prova 1.

Corpo de Prova 1 - CV									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	78,3	33,6	187	361	15,593	128,3	17,1	201	32372
0,265	135,3	17,4	190	1241	15,812	127	17,1	200	32764
0,484	131,9	16,6	193	1656	16,047	125,1	17,2	200	33365
0,703	131,3	16,9	194	2070	16,281	126,4	17	200	33775
1,187	127,7	17,1	197	3095	16,5	120,9	17,2	200	34155
1,422	132,6	17,1	198	3529	16,718	129,8	16,9	200	34570
1,64	129,1	17,1	199	4139	16,937	123,3	17,2	200	35151
2,156	131,6	16,9	199	5153	17,172	129,8	16,9	200	35568
2,375	128,7	17	199	5559	17,39	131,5	17	200	35993
2,593	131,4	17	201	5976	17,609	129	17	200	36385
2,812	131,6	17	199	6386	17,843	129,5	17,2	199	37001
3,39	133,8	16,8	200	7613	18,078	128,4	17,1	200	37418
3,578	126	17,2	200	8002	18,297	128,1	17,1	200	37819
3,812	131,4	17	200	8429	18,515	127,1	17	200	38213
4,297	130,3	17	201	9433	18,75	129,1	17	199	38831
4,515	127,9	17	200	9830	18,968	127,2	17	200	39239
4,734	126,7	17,1	200	10436	19,203	125,5	17,1	200	39638
5,297	125,5	17	200	11443	19,422	127,8	17	200	40042
5,484	127,2	17	199	11849	19,64	126,2	17,1	199	40638
5,718	128,6	17	200	12247	19,875	130,2	16,9	200	41058
6,187	131,4	16,9	200	13279	20,093	125,5	17,1	200	41456
6,39	125,1	17,1	201	13663	20,312	129,8	17	200	41876
6,609	130,4	17	199	14093	20,547	124,4	17,1	199	42467
6,843	125,5	17,1	199	14691	20,765	128,8	16,9	201	42883
7,281	127,3	17,1	199	15512	21	122,4	17,2	201	43266
7,5	126,2	17,1	200	15920	21,218	128	16,9	200	43686
7,718	129,6	16,9	200	16329	21,437	127,7	17	199	44290
8,187	129,1	17	200	17345	21,672	132,9	16,9	200	44713
8,406	123,4	17,1	201	17725	21,89	125	17,2	199	45109
8,625	128,2	17,1	200	18338	22,125	129,2	17	201	45534
9	122	17,1	200	18726	22,343	122,7	17,2	199	46119
9,25	125,2	17,1	200	19531	22,578	126,2	17	200	46527
9,468	126,4	17	201	19935	22,797	122,3	17,1	200	46915
9,734	124,1	17	200	20519	23,015	125,8	17	200	47321
10,281	129,1	16,9	200	21539	23,25	124,4	17	199	47909
10,531	128,9	17	200	21942	23,484	123,2	17,1	199	48293
10,75	134,3	16,9	200	22586	23,703	130	16,9	201	48719
11,25	132,8	17	201	23414	23,922	123,4	17,2	199	49100
11,468	129,7	17	200	24032	24,156	128,4	17	200	49713
11,687	133,1	17	200	24456	24,375	124,5	17	200	50100
12,39	128,1	17,1	200	25900	24,593	128	16,9	200	50507
12,593	124,3	17,2	200	26293	24,828	121,9	17,2	199	50907
12,812	127,3	17	199	26708	25,047	128	16,9	199	51511
13,375	129,7	17	200	27914	25,281	123,8	17,1	199	51899
13,578	127	17	199	28314	25,5	128,9	17	200	52313
13,797	127,8	17	200	28721	25,718	124,2	17,1	199	52705
14,015	123,7	17,1	200	29109	25,953	127	17	200	53305
14,25	127,8	17	201	29716	26,187	128,1	16,9	200	53713
14,484	124,7	17	200	30108	26,406	122,9	17,1	201	54089
14,703	129,4	17	200	30526	26,625	128,7	17	200	54699
14,922	130,5	16,7	199	30909	26,859	125,8	17	200	55107
15,156	132,9	17	200	31546	27,078	129	17	201	55514
15,375	132,9	16,9	199	31961	27,312	125,9	17,7	0	55957

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	127,28	17,19
Valor Mínimo	120,90	16,70
Valor Máximo	134,30	17,20

Apêndice B – Informações detalhadas corpo de prova 2.

Corpo de Prova 2 - CV									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	0	11,8	84	4	13,89	131,8	16,9	201	29394
0,437	137,9	18,5	189	1019	14,5	125,1	17,1	200	30590
0,703	139,5	16,5	192	1678	14,734	131,1	16,8	200	31208
0,922	136,4	17	194	2332	14,968	128,6	17	200	31610
1,437	136	17,1	198	3189	15,562	131,7	16,9	201	32853
1,625	134,6	17,1	198	3827	15,765	128,1	17,1	201	33255
1,859	136,3	17	199	4264	15,984	130,7	17	200	33677
2,468	135,2	17	199	5538	16,5	131,6	16,9	200	34690
2,672	134,8	17	200	5962	16,703	127,4	17	201	35089
2,89	127,4	17,3	200	6369	16,937	132,5	16,9	200	35721
3,437	128,6	17,2	201	7420	17,515	136,4	16,8	200	36760
3,672	133,6	16,9	200	8051	17,703	133,4	17	199	37170
3,89	133,4	17	200	8471	17,937	135,5	17	201	37819
4,437	134,3	17	200	9541	18,437	134,7	17	199	38665
4,656	129,9	17,2	200	10166	18,64	131,5	17,2	201	39293
4,875	132,1	17	200	10579	18,859	133	17	200	39719
5,328	125,8	17,1	199	11388	19,437	133,5	17	200	40778
5,562	126,7	17,1	200	11992	19,64	132,5	17	200	41411
5,781	129,7	17	201	12410	19,875	134,9	17,1	199	41837
6	124,2	17,2	199	12806	20,453	128,8	17,2	201	43080
6,484	133,9	16,9	200	13859	20,656	128,2	17,1	200	43487
6,687	137,7	16,8	201	14293	20,89	127,2	17,1	200	43893
6,906	129,2	17,1	199	14700	21,468	129,1	16,9	201	45117
7,359	129,6	17,2	201	15742	21,672	130,7	17	200	45531
7,562	134,7	16,8	200	16165	21,906	124	17	201	45907
7,797	132	17	201	16577	22,468	129,5	16,9	199	47138
8,015	135,2	17	199	17020	22,672	128,8	17	201	47542
8,515	133,9	17	201	18069	22,906	127,5	17	200	47940
8,718	133,6	16,9	200	18474	23,468	129,1	16,8	200	49151
8,937	134,9	17	201	19124	23,687	127,4	17,1	199	49565
9,39	135	17	200	19971	23,906	129,6	16,9	201	49969
9,593	129,4	17,1	200	20375	24,422	128,8	16,9	200	50978
9,828	135,3	17	201	21022	24,625	126,6	17,1	199	51568
10,359	133,2	17,1	200	22073	24,859	130,3	16,9	200	52001
10,578	132,5	17	201	22496	25,078	124	17,2	200	52385
10,797	132,9	17	200	22920	25,547	118,3	17,3	201	53366
11,015	130,7	17	200	23329	25,781	129	16,9	199	53793
11,578	134,1	17	200	24603	26	124,3	17,1	200	54182
11,812	129,7	17,2	199	25016	26,515	123,8	17,1	200	55180
12,031	134,2	17	201	25664	26,718	122,3	17,1	199	55565
12,39	133,6	16,9	200	26289	26,953	126,9	16,9	200	56160
12,609	130,7	17,1	200	26711	27,547	121,8	17,1	200	57132
12,859	131,9	17	199	27341	27,765	123,5	17,1	201	57717
13,468	128,6	17,1	199	28579	27,984	129,1	16,9	201	58127
13,656	125,5	17	200	28972	28,437	0	0	0	58755

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Media	130,69	16,97
Minimo	118,30	16,80
Maximo	137,70	17,30

Apêndice C – Informações detalhadas corpo de prova 3.

Corpo de Prova 3 - CV									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	114,6	27,4	188	701	11,094	133,4	17	201	24211
0,204	132,3	16,7	192	1533	11,313	128,9	17,1	200	24623
0,719	129	17	195	2562	11,672	129,6	17,2	200	25452
0,938	125,5	17,1	198	2960	11,891	133,3	16,9	199	25879
1,157	132,9	17	197	3392	12,141	130	17,2	199	26300
1,813	131,7	17	199	4844	12,688	129,7	17,1	199	27551
1,985	132,7	17,1	200	5264	12,891	136,1	16,9	200	27985
2,219	131,5	17	199	5674	13,11	131	17,1	200	28396
2,719	134,9	17	199	6727	13,344	133,5	17	201	28820
2,938	129,1	17,2	201	7132	13,829	134	16,9	200	29863
3,157	133,7	16,9	200	7563	14,032	131,1	17	201	30268
3,782	128,9	17,1	199	8771	14,25	134,7	17	199	30704
4	130,1	17	200	9384	14,688	134,7	16,9	200	31755
4,219	129,2	17,1	200	9792	14,907	132	16,9	199	32168
4,735	132,5	16,9	199	10827	15,125	131,8	17,1	200	32593
4,954	123,8	17,2	200	11216	15,344	125,8	17,2	200	32987
5,188	133	16,9	200	11844	15,813	126,2	17,2	200	34023
5,704	128,2	17,2	201	12868	16,016	134,6	16,8	199	34456
5,907	132,1	16,9	200	13294	16,235	123,8	17,2	201	34828
6,141	127,2	17,1	201	13687	16,782	125,1	17	200	35838
6,735	133,8	16,9	200	14944	16,969	131,1	16,9	200	36477
6,938	129	17,1	200	15344	17,204	125,9	17,1	200	36866
7,157	132	16,9	201	15754	17,688	126,1	17,1	201	37885
7,797	133,4	17,1	201	17245	17,891	125,3	17,1	199	38271
8	136,3	17	199	17677	18,125	126,1	17	200	38675
8,219	135,9	16,9	201	18104	18,344	130,9	16,8	199	39080
8,672	136,1	17,2	200	18985	18,797	124,6	17,2	201	40051
8,875	131,5	17,2	200	19414	19	122,3	17,2	200	40457
9,094	132,9	17	199	20051	19,235	120,7	17,2	201	40825
9,594	127,3	17,2	199	20661	19,719	123,5	17	200	41811
9,75	129,6	17,1	200	21294	19,922	130,3	16,6	201	42203
9,969	129,1	17	199	21692	20,141	115,9	17,2	199	42562
10,219	134,1	17	201	22341	20,375	124,3	17	201	43157
10,657	132,9	17	200	23165	20,829	123,2	17,1	200	43925
10,86	130,6	17,2	200	23580	21,032	127	17,1	207	44335

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	129,63	17,04
Valor Mínimo	115,90	16,60
Valor Máximo	136,30	17,20

Apêndice D – Informações detalhadas corpo de prova 4.

Corpo de Prova 4 - CV									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	88,8	29,5	137	566	14,906	108,1	16,1	151	25073
0,453	110,6	15,6	142	1225	15,5	105	16,3	150	26022
0,609	106,5	16,3	145	1849	15,75	114,8	15,9	151	26378
0,812	113,4	16,1	146	2190	15,984	109,6	16,2	150	26860
1,375	110,5	16,2	149	2994	16,469	102,9	16,2	151	27501
1,578	114,5	15,9	148	3495	16,672	111,5	15,8	150	27995
1,812	108,2	16,3	149	3814	16,906	103,6	16,3	150	28283
2,437	108,8	16,1	149	4796	17,39	106,9	16,1	151	29072
2,625	108,7	16,2	149	5122	17,609	107,1	15,9	150	29403
2,859	111,7	15,9	149	5607	17,828	108,6	16,3	149	29730
3,437	112,7	15,7	151	6395	18,062	107,6	15,9	149	30018
3,64	113,5	15,8	151	6726	18,547	111,6	15,9	150	30849
3,859	113,1	16,1	151	7228	18,765	100,7	16,1	151	31281
4,39	108,5	16,1	150	8024	19	102,4	16,2	150	31607
4,609	107,5	16,3	150	8358	19,515	110,5	15,8	151	32412
4,828	111,8	16,2	151	8699	19,75	102	16,5	150	32732
5,437	112,9	16,2	151	9705	19,969	111,5	16	149	33223
5,656	114	16,1	151	10213	20,469	105,1	16,2	150	33825
5,89	111	16,1	150	10544	20,672	107,1	16	150	34301
6,453	112,6	16,1	150	11376	20,89	106,8	16	149	34625
6,656	111,4	16,1	150	11709	21,422	108	15,8	151	35389
6,89	109	16,1	149	12197	21,625	99,2	16,3	151	35683
7,359	110,2	15,9	150	12842	21,859	112,9	15,8	150	36005
7,562	107,9	16,1	151	13321	22,078	103,4	16,1	150	36456
7,797	115,4	15,7	150	13667	22,547	100,8	16,4	150	37119
8,015	107	16,1	150	13977	22,765	113,9	15,7	151	37611
8,5	105,9	16,3	150	14800	23,015	106,5	16,3	149	37928
8,719	110,5	16,1	149	15139	23,469	113,1	16,2	150	38768
8,953	104,3	16,2	149	15450	23,703	97,4	16,2	151	39040
9,515	108,5	15,7	149	16411	23,906	112,6	15,7	151	39391
9,719	114,2	15,9	150	16750	24,422	111	15,9	151	40198
9,937	104,3	16,3	150	17052	24,64	107	16,2	150	40528
10,594	113,3	16,1	151	18062	24,859	106,2	16,1	150	40813
10,781	100,5	16,3	151	18514	25,078	112,9	16	150	41334
11,015	112,8	15,9	151	18865	25,609	110,1	15,9	150	42099
11,484	107,4	16,2	149	19661	25,797	97,9	16,4	149	42385
11,687	106,8	16,2	150	19968	26,031	106,5	16	149	42732
11,937	107,9	16	150	20288	26,562	101,2	16,1	151	43492
12,484	114,8	15,9	151	21263	26,765	103,1	16,1	151	43955
12,687	100,4	16,4	151	21548	27	108	15,7	150	44263
12,922	111	15,9	150	21893	27,531	93,7	16,2	150	44958
13,406	111,1	15,9	150	22675	27,719	103,8	16,2	150	45300
13,609	110,2	16	150	22993	27,953	103,1	16	151	45581
13,875	109,8	16,1	150	23486	28,5	102,9	15,9	151	46491
14,484	112,4	15,9	149	24449	28,719	106,2	16	162	46801
14,687	108,3	15,7	149	24758	28,937	117	17,8	0	47220

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	108,00	16,22
Valor Mínimo	93,70	15,70
Valor Máximo	115,40	16,50

Apêndice E – Informações detalhadas corpo de prova 5.

Corpo de Prova 5 - CV									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	50,5	31,5	134	386	15,047	101,4	16,3	150	24254
0,125	102	19,7	139	717	15,266	113,9	16	150	24766
0,36	104,6	16,2	142	1193	15,86	106,1	16,2	151	25570
0,75	101,2	16,4	145	1654	16,063	107,7	16,1	150	26048
0,969	108,7	16,2	147	2149	16,313	102,3	16,3	151	26343
1,204	106,1	16,2	148	2459	16,844	105,9	16,1	150	27139
1,813	110,4	16,1	149	3443	17,047	110,4	15,9	150	27464
2,016	105,5	16,3	149	3752	17,266	107,6	16,1	149	27951
2,25	108	16,2	149	4082	17,891	109,8	16	149	28903
2,719	105,7	16,2	149	4870	18,125	107,2	16,2	151	29211
2,938	104,5	16,1	149	5166	18,36	100,4	16,3	149	29508
3,157	107,5	16		5642	18,875	110,9	16	151	30298
3,735	108,8	16	151	6121	19,063	101,6	16,2	150	30745
3,891	109,8	16	149	6760	19,282	101,8	16,1	150	31052
4,094	109,5	16	149	7076	19,75	108,6	16,1	149	31694
4,313	110,8	15,9	150	7401	19,969	102,8	16,2	151	32157
4,844	110,2	16,1	149	8201	20,204	113,8	15,8	149	32509
5,063	100	16,3	149	8641	20,422	102,5	16,1	150	32792
5,297	110,4	15,8	150	8971	20,797	111,2	16,1	150	33453
5,829	106,8	15,9	150	9719	21,016	100,7	16,2	150	33731
6,047	100,8	16,2	150	10173	21,25	108,4	16	149	34076
6,282	105,4	16,1	151	10479	21,907	108,9	15,7	150	35140
6,782	102,4	16,2	150	11096	22,11	105	16,2	150	35455
6,985	105,4	16	149	11561	22,344	97,6	16,3	149	35746
7,219	103,7	16,1	150	11864	22,891	107,9	16	149	36723
7,891	106,3	16	151	12948	23,11	99,9	16,2	150	37001
8,125	102,8	16,2	150	13244	23,329	107,2	16	149	37347
8,36	109	16	151	13727	23,844	100,1	16	150	38074
8,86	108,6	15,8	151	14347	24,032	104,9	15,9	149	38389
9,063	100,3	16,1	151	14788	24,25	104	16,2	149	38835
9,297	107,5	16	150	15111	24,813	101	16	150	39603
9,766	109	15,9	149	15742	25,063	103,3	16,1	149	40069
9,969	105	16	149	16200	25,282	97,5	16,3	149	40356
10,188	110,9	15,8	149	16523	25,891	106,6	15,8	150	41289
10,813	105,8	16,4	150	17463	26,094	101,8	16,1	150	41569
11,016	109,5	16,3	151	17803	26,329	99,8	16,2	149	41871
11,235	110,3	16,1	151	18134	26,86	107,7	15,8	151	42634
11,875	108,9	16,1	151	19109	27,047	101,1	16,1	151	43077
12,079	112,2	16,1	149	19610	27,282	102,2	16,1	151	43378
12,313	106,5	16,1	149	19919	27,922	103,7	15,8	150	44306
12,844	112,8	16	149	20750	28,125	98,5	16	150	44587
13,063	103,7	16,2	149	21211	28,36	104,2	16,1	150	45071
13,297	110	16	149	21553	28,86	101,2	16	149	45658
13,86	110,4	16	151	22345	29,063	100,7	16,1	150	46132
14,047	107,2	16	149	22815	29,282	103,2	16,2	150	46444
14,282	109,3	16	150	23146	29,797	101,9	16	151	47181
14,844	112	16	149	23949	30,016	101,8	16,4	186	47480

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	105,73	16,12
Valor Mínimo	97,50	15,70
Valor Máximo	113,90	16,40

Apêndice F – Informações detalhadas corpo de prova 6.

Corpo de Prova 6 - CV									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	32,2	8	135	519	14,579	106,5	16,2	150	23752
0,375	107	15,5	140	1137	14,829	110,5	15,9	151	24225
0,61	103,7	15,5	142	1430	15,422	104,4	16,2	149	25019
0,875	104,6	15,6	145	1873	15,657	111,4	16	150	25513
1,407	108,6	15,8	147	2655	15,891	101,5	16,2	151	25803
1,625	97,4	16,2	148	3075	16,485	103,1	16,4	149	26771
1,844	112,7	15,7	149	3433	16,688	109,8	16,1	150	27111
2,344	108,8	15,9	148	4203	16,907	107,6	16,2	150	27580
2,532	108	16	149	4508	17,36	106,5	15,8	149	28194
2,797	111	15,9	150	4827	17,594	105,9	16	149	28495
3,329	112,2	15,9	150	5806	17,844	104,8	16,1	151	28969
3,532	107,9	16,1	151	6124	18,375	100,2	16,3	149	29733
3,766	111,2	16,1	150	6458	18,579	110,3	16	151	30077
4,329	111,5	15,9	150	7257	18,813	100,5	16,3	150	30375
4,532	99,4	16,2	150	7696	19,297	106,1	16	149	31152
4,75	110,6	16,1	151	8046	19,5	101,4	16,1	148	31443
5,344	109,4	16	150	8989	19,719	111,4	16	149	31942
5,563	105,8	16,2	150	9306	20,313	106,7	16,2	150	32701
5,782	108,7	16,1	151	9643	20,516	102,7	16,3	150	33178
6,25	110,7	15,9	149	10437	20,735	108	16,2	150	33507
6,454	101,5	16	149	10721	21,329	102,9	16,1	151	34412
6,688	109,8	15,7	149	11040	21,547	107,6	15,9	151	34752
7,047	107,3	16,2	150	11516	21,766	102,8	16,1	149	35044
7,297	110,3	16,1	150	12004	22,282	109,6	16,1	149	35859
7,516	104,7	16	150	12457	22,5	110,1	15,8	149	36145
7,75	111,4	15,8	151	12786	22,735	103,2	16,2	151	36623
8,282	107,1	16,1	150	13558	23,407	96,5	16	150	37532
8,516	106,4	16	150	14025	23,594	105,8	15,9	151	37879
8,782	107,5	16,1	150	14346	23,829	95,4	16,3	151	38299
9,297	112,1	16,2	151	15152	24,344	88,7	16,1	150	39042
9,516	105,4	16,2	149	15621	24,547	103,9	15,9	151	39381
9,735	112,2	15,8	150	15942	24,782	100,3	15,9	149	39649
10,266	110,1	16,1	151	16762	25,422	93,1	16,1	150	40518
10,547	102,8	16,3	150	17221	25,641	101,6	16	151	40985
10,782	112	16	150	17556	25,86	98,7	16	149	41263
11,329	110,5	15,8	150	18337	26,375	89,9	16,2	149	41990
11,532	104,3	16,2	149	18801	26,579	103,5	15,9	150	42335
11,766	109,5	16,1	149	19137	26,813	89,5	16,2	150	42725
12,391	114,5	16	150	20137	27,297	97,7	16,2	149	43346
12,61	111,5	15,9	149	20628	27,5	98	16,2	149	43638
12,829	115,2	15,6	149	20950	27,719	101,6	16,1	149	44098
13,297	113,2	16,2	149	21609	27,954	95,6	16	150	44377
13,516	108,5	16,2	150	22087	28,547	103,6	15,9	151	45268
13,735	113,4	16,1	150	22449	28,782	97,9	16,2	151	45552
14,344	108,3	16,3	150	23269					

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	105,63	16,04
Valor Mínimo	88,70	15,60
Valor Máximo	115,20	16,40

Apêndice G – Informações detalhadas corpo de prova 7.

Corpo de Prova 7 - PowerMode									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	74,8	16	164	518	13,828	119,5	17,3	180	26912
0,187	116,2	18,4	171	1264	14,047	117,9	17,4	180	27295
0,39	114,7	17,5	172	1627	14,265	120,4	17,2	180	27871
0,89	117,8	17,4	177	2565	14,812	122,6	17,1	179	28830
1,109	120,7	17,3	177	2956	15,015	121,4	17,4	179	29215
1,328	117,3	17,1	178	3312	15,234	117,7	17,3	180	29580
1,828	115	17,3	180	4238	15,469	121,8	17,1	181	30160
2,047	120,6	17,2	179	4620	15,953	125,1	17,1	180	31123
2,265	120,5	17,4	179	5197	16,187	121,7	17	180	31503
2,797	122,1	17,2	179	6158	16,406	126,5	17,2	180	31910
3,015	122,2	17,3	179	6541	16,875	123	17,1	182	32856
3,25	120,7	17,5	180	7123	17,109	119,1	17,4	179	33243
3,859	118,5	17,5	179	8074	17,344	120,2	17,1	180	33615
4,062	114,2	17,6	180	8625	17,875	120,8	17,3	180	34562
4,312	118,6	17,5	180	9015	18,078	118,6	17,5	180	35138
4,859	118,3	17,5	181	9954	18,297	118,3	17,2	180	35514
5,094	115,6	17,4	180	10501	18,828	117,9	17,1	180	36447
5,312	116,4	17,4	182	10877	19,031	115,8	17,2	180	36809
5,844	119,2	17,6	181	11834	19,281	119,3	17,1	181	37375
6,047	113,8	17,6	180	12188	19,984	117,7	17,2	181	38122
6,281	116,9	17,5	181	12759	20,109	116,4	17,2	180	38855
6,875	115,2	17,6	179	13878	20,312	120,6	17,3	181	39256
7,078	115,9	17,4	180	14254	20,937	117,5	17,2	180	40367
7,312	116,1	17,5	180	14630	21,14	123,7	17	181	40947
7,844	115,5	17,5	180	15562	21,359	117	17	180	41306
8,047	117,2	17,2	180	16125	21,906	119,7	17	180	42253
8,281	116,2	17,2	181	16491	22,14	123,3	17	181	42641
8,875	115,9	17,4	180	17430	22,359	117,7	17,3	181	43198
9,078	119,2	17,2	179	18001	22,812	115,2	17,3	179	43952
9,312	116,2	17,4	179	18372	23,015	121,8	16,9	180	44340
9,922	116,6	17,4	180	19499	23,25	115	17,4	180	44714
10,109	119,2	17,4	180	19885	23,469	122,1	17,1	179	45280
10,344	115,2	17,5	180	20258	24,047	119,3	17,1	180	46207
10,859	114,2	17,6	180	21187	24,234	114,7	17,3	180	46567
11,047	119,9	17,4	179	21776	24,469	119,2	17,2	181	47135
11,281	115,4	17,5	181	22133	25,015	117,8	17,3	180	48055
11,859	113,3	17,4	179	23077	25,25	115,6	17,2	180	48416
12,062	118	17,5	180	23651	25,515	117,4	17,1	181	48981
12,297	115,1	17,4	180	24022	25,906	117,2	17,2	181	49729
12,937	122,8	17,4	181	25176	26,14	116,3	17,1	180	50079
13,14	119,5	17,5	180	25569	26,359	118,2	17,2	180	50644
13,375	121,3	17,4	181	26143					

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	118,39	17,31
Valor Mínimo	113,30	16,90
Valor Máximo	126,50	17,60

Apêndice H – Informações detalhadas corpo de prova 8.

Corpo de Prova 8 - PowerMode									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	48,5	33,8	162	220	12,14	116,7	17,9	180	23370
0,39	96,7	35,7	170	779	12,656	118,4	17,7	181	24316
0,562	124,9	16,5	173	1332	12,859	119,5	17,5	179	24687
0,812	121,3	16,7	176	1899	13,078	117,1	17,6	180	25256
1,062	123	17	177	2277	13,562	113,3	17,6	180	26011
1,656	129,2	16,9	179	3463	13,765	120,5	17,3	179	26402
1,828	119,3	17,1	179	3826	14	116,6	17,5	179	26954
2,078	128,1	17,1	179	4239	14,625	114,4	17,5	180	28086
2,5	123,6	17,2	178	5205	14,828	120,1	17,4	181	28478
2,734	118,1	17,5	179	5578	15,062	120,6	17,4	181	28855
2,953	123,1	17,1	179	5950	15,609	120,4	17,3	178	30027
3,5	125,2	17,4	179	6916	15,812	118,5	17,5	179	30392
3,765	112,8	17,7	180	7472	16,047	120,9	17,2	179	30782
3,984	116,7	17,6	180	8041	16,547	121	17,2	181	31737
4,531	118,9	17,7	180	8989	16,75	116,6	17,4	181	32108
4,75	115	17,7	181	9345	16,968	121,7	17,2	181	32488
5	117,8	17,8	180	9929	17,64	121,9	17,3	179	33821
5,515	112,8	17,8	181	10856	17,875	117	17,2	179	34193
5,765	119,9	17,7	179	11257	18,093	118	17,1	179	34745
6	113,9	17,9	179	11812	18,578	123,6	17,3	181	35520
6,468	114,6	17,8	180	12578	18,797	118	17	181	36081
6,656	117,5	17,5	180	12957	19,047	122,9	17,3	180	36476
6,875	116,2	17,6	181	13341	19,593	115	17,2	179	37569
7,109	115,3	17,5	179	13899	19,812	117,2	17	181	37947
7,609	117,1	17,2	179	14831	20,031	117,9	17,2	181	38322
7,812	115	17,5	179	15187	20,578	119,1	17	180	39255
8,031	118,6	17,7	180	15585	20,797	120,1	16,6	181	39807
8,593	121,7	17,4	181	16526	21,015	120,1	16,7	181	40167
8,797	115	17,6	180	17081	21,515	122,3	16,9	180	41099
9,031	117,4	17,5	180	17469	21,718	117,1	16,7	180	41454
9,5	118,9	17,5	180	18241	21,953	122,3	16,7	180	41843
9,703	120,8	17,4	180	18814	22,172	119,2	16,6	179	42186
9,968	114,9	17,8	180	19190	22,547	116,3	17,1	178	42927
10,515	113,6	17,6	179	20319	22,781	118,1	16,9	179	43304
10,703	122	17,6	181	20724	23	118,7	16,7	179	43847
10,937	111,1	17,6	181	21069	23,734	117,3	17	179	45133
11,484	114,4	17,6	181	22016	23,953	118	16,9	180	45505
11,703	118,3	17,7	181	22602	24,187	112,1	17,4	181	45850
11,922	119,9	17,6	180	22989	24,672	83	15,9	0	46654

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	118,59	17,32
Valor Mínimo	111,10	16,60
Valor Máximo	129,20	17,90

Apêndice I – Informações detalhadas corpo de prova 9.

Corpo de Prova 9 - PowerMode									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	26,3	7	162	173	14,172	119,9	17,2	181	27845
0,125	109,8	17,3	167	731	14,75	119	17	179	28989
0,562	124,3	17,8	173	1501	14,984	122,2	17	179	29371
0,797	127,7	17,2	175	1909	15,203	120,2	16,9	179	29938
1,015	123,4	16,9	176	2481	15,687	119,6	17,1	179	30679
1,672	130,3	16,7	178	3671	15,906	122,2	17,3	180	31263
1,89	129,2	17	177	4069	16,14	116	17,2	180	31626
2,109	124,8	17	179	4642	16,703	122,4	16,9	180	32570
2,625	126,3	16,8	180	5416	16,906	125,2	17	181	33148
2,812	128,6	16,8	180	6005	17,125	124,1	16,9	180	33534
3,047	128,4	17	181	6395	17,719	122,5	17	180	34470
3,64	125,9	16,8	179	7560	17,937	121,1	16,9	179	35031
3,844	129,4	16,8	179	7951	18,156	123,2	17,1	179	35422
4,062	124,8	16,7	179	8329	18,656	124,1	16,8	181	36369
4,64	130,3	16,6	180	9505	18,906	124,8	16,6	180	36739
4,844	128,7	16,8	179	9882	19,125	122,7	16,9	180	37309
5,062	128,4	16,6	180	10260	19,703	121,9	17,2	181	38255
5,672	132,4	16,4	181	11417	19,906	123,4	17,1	181	38826
5,875	126,8	16,5	180	11782	20,14	117,4	17,3	181	39184
6,109	132,5	16,6	180	12397	20,656	119	17,2	180	40134
6,594	129,1	16,9	179	13170	20,859	123,6	17,1	181	40528
6,812	122,4	16,8	180	13728	21,078	119,2	17,3	180	40894
7,062	126,6	16,7	180	14112	21,687	117,9	17,2	178	42005
7,578	126,5	16,8	180	15068	21,89	121,6	16,9	180	42381
7,781	126,5	16,7	179	15447	22,125	117,5	17,1	179	42929
8	128,9	16,8	180	16037	22,656	118	17,2	181	43868
8,234	122,5	16,8	180	16405	22,859	122,7	17,1	181	44259
8,672	123,2	17	180	17177	23,094	114	17,1	181	44609
8,89	128,2	17,1	180	17596	23,64	117,3	17,2	179	45760
9,109	125,2	16,8	179	18154	23,844	120,1	17,3	179	46141
9,703	128,4	16,9	180	19130	24,062	117,6	17,1	179	46499
9,922	121,8	17,1	181	19692	24,594	116,3	17,3	179	47249
10,14	129,3	16,9	181	20100	24,734	118,9	17	180	47816
10,672	126,5	16,9	181	21064	24,953	119,5	16,9	181	48186
10,875	121	17,1	180	21440	25,172	122,7	16,9	180	48573
11,094	129	16,9	180	21847	25,656	120,2	16,9	181	49483
11,625	128,8	17	181	23028	25,89	114,5	16,9	180	49843
11,828	123,9	17	179	23406	26,125	120,4	16,8	180	50412
12,078	129,2	17	180	23810	26,64	114,1	17	181	51304
12,656	123	17,2	181	24967	26,844	119,8	16,9	182	51689
12,859	122,4	17,1	180	25349	27,078	122,7	16,9	181	52066
13,094	126,7	17,2	181	25748	27,609	130,1	16,9	180	52857
13,75	119,8	17,2	181	27070	27,75	125,8	16,9	180	53428
13,953	125,5	16,9	182	27471	27,969	124,7	16,6	173	53806

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	123,57	16,96
Valor Mínimo	114,00	16,40
Valor Máximo	132,50	17,30

Apêndice J – Informações detalhadas corpo de prova 10.

Corpo de Prova 10 - PowerMode									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	61,8	11,8	141	558	14,844	100,3	17,1	154	25200
0,453	111,7	17,2	147	1507	15,375	103,9	17,1	154	26033
0,672	102,2	16,9	148	1813	15,578	111,2	16,7	154	26385
0,891	105,7	16,7	150	2148	15,813	109,1	17,1	155	26725
1,406	112,1	16,4	152	2960	16,031	101,1	17	155	27191
1,61	106,5	16,6	153	3277	16,516	101	16,8	155	27839
1,86	114,4	16,5	153	3794	16,735	112,9	16,6	154	28357
2,36	115,1	16,5	154	4620	16,969	108,6	17,1	154	28686
2,547	107,7	16,6	155	4929	17,485	113,8	16,8	156	29523
2,781	110	16,5	155	5267	17,688	102,2	16,9	155	29822
3,344	112,2	16,5	154	6093	17,906	112,7	16,5	155	30179
3,547	110	16,5	155	6586	18,516	113,2	16,6	154	31188
3,766	108,7	16,5	155	6919	18,75	103,7	16,9	155	31649
4,453	108,2	16,5	154	7566	18,969	109,5	16,4	155	31999
4,563	109,9	16,8	155	8236	19,406	104,7	17,1	155	32656
4,781	107,2	16,8	155	8560	19,625	111	16,7	155	32994
5	109,3	16,7	155	8897	19,844	110,6	16,8	154	33501
5,469	110,7	16,8	155	9718	20,5	108,9	16,4	155	34138
5,688	108,9	16,7	156	10041	20,625	98,4	16,5	155	34587
5,906	109,1	16,7	155	10367	20,844	110,4	16,4	157	35100
6,375	103,3	16,9	155	11176	21,078	106	16,9	155	35415
6,61	110,8	16,9	155	11532	21,547	107,2	16,8	155	36077
6,844	102,4	16,9	155	11987	21,75	101,3	16,7	154	36535
7,422	106,5	17	154	12814	21,985	104,2	16,5	155	36851
7,625	107,9	16,9	156	13142	22,469	99,2	16,7	155	37632
7,844	106,9	17	156	13632	22,672	108	16,7	155	37976
8,422	108,9	17	154	14454	22,891	97,4	17	156	38265
8,641	105,1	17	155	14945	23,531	98,2	16,9	155	39219
8,844	109,7	17	155	15291	23,735	104,9	16,5	155	39545
9,422	110,5	16,9	155	16108	23,969	101,6	17	154	40011
9,625	102,7	17,2	154	16433	24,453	100,8	16,9	155	40795
9,86	108,6	16,9	156	16935	24,688	97,8	16,6	155	41087
10,516	110,6	16,9	156	17933	24,922	102,3	16,8	155	41406
10,75	107,2	17,1	156	18425	25,531	102,3	16,6	154	42332
10,985	108,2	17	155	18763	25,735	93,9	16,8	155	42766
11,469	105,8	17,1	154	19592	25,969	105,6	16,5	155	43126
11,672	107,8	17,2	155	19931	26,485	96	16,6	155	43866
11,906	103,8	17,2	155	20255	26,688	104,3	16,6	156	44198
12,453	107,8	17,1	156	21251	26,906	96,5	17	156	44503
12,656	108,6	16,8	155	21595	27,531	97,6	16,6	155	45408
12,875	109,6	17,1	154	21932	27,735	104,9	16,4	155	45737
13,453	108,4	17	154	22757	27,953	103	16,7	156	46209
13,656	103,7	17,1	155	23226	28,594	101,3	16,7	156	47138
13,875	106,9	16,7	155	23560	28,813	103,8	16,3	155	47448
14,406	107,9	16,8	156	24381	29,047	100,8	16,1	69	47857
14,61	110,6	17,1	155	24731					

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	106,18	16,78
Valor Mínimo	93,90	16,40
Valor Máximo	115,10	17,20

Apêndice K – Informações detalhadas corpo de prova 11.

Corpo de Prova 11 - PowerMode									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	66,8	11,5	140	302	15,688	112,1	16,7	155	26207
0,406	109,3	17,5	146	1279	15,906	105	17	156	26521
0,61	108,2	16,9	149	1609	16,485	99,9	16,8	155	27327
0,828	115,5	16,7	151	1970	16,719	110,6	16,8	156	27846
1,422	109	16,6	152	2937	16,953	102,3	17	156	28159
1,625	108,3	16,5	152	3255	17,422	106,1	17	155	28972
1,844	112,3	16,5	154	3604	17,625	104,5	16,7	155	29282
2,328	111,5	16,8	155	4421	17,844	107,9	17	155	29633
2,531	104	16,7	155	4721	18,078	98,7	16,9	155	30083
2,766	115,3	16,4	154	5083	18,61	105,1	16,6	155	30903
3	105	16,4	154	5539	18,844	111,4	16,8	156	31265
3,547	110,7	16,6	154	6369	19,063	97,9	16,9	156	31558
3,75	111,3	16,5	155	6690	19,625	104,5	16,8	155	32533
3,969	109,6	16,6	156	7179	19,828	106,9	16,4	154	32850
4,438	112,3	16,6	154	7852	20,047	107	16,8	155	33184
4,656	105,7	16,5	155	8154	20,672	103,3	16,9	154	34144
4,875	109,5	16,7	154	8660	20,891	106,4	16,6	154	34628
5,422	107	16,9	155	9473	21,469	109,3	16,4	154	35425
5,625	102,3	17	155	9791	21,656	102,9	16,8	155	35742
5,875	106,2	16,8	155	10280	21,875	101,4	16,5	156	36194
6,485	111,5	16,9	156	11100	22,11	107,3	16,8	154	36526
6,672	98,7	17,2	155	11558	22,563	109,9	16,6	155	37169
6,906	110,1	16,9	155	11920	22,781	99,6	16,8	155	37615
7,36	108	16,8	155	12538	23	105,1	16,5	155	37941
7,563	108	17,1	155	13042	23,594	109,4	16,3	156	38744
7,797	104,6	17	155	13376	23,828	101,3	16,8	155	39219
8,016	107,3	17,2	156	13710	24,047	107	16,4	155	39550
8,375	104	16,9	155	14349	24,516	103,2	16,5	155	40314
8,594	105,7	16,8	155	14666	24,735	109,6	16,5	154	40654
8,828	102,7	16,8	155	14970	24,953	100,4	16,6	155	40948
9,047	109	17	155	15322	25,531	103,3	16,5	155	41896
9,531	107,7	16,8	156	16118	25,781	107,3	16,6	155	42385
9,735	102,2	17	155	16428	26,016	100	16,5	155	42682
9,953	109,4	16,7	154	16757	26,61	104,9	16,4	155	43458
10,485	108,6	16,6	155	17736	26,844	100	16,7	155	43930
10,688	105,5	16,9	154	18045	27,078	103,8	16,4	155	44397
10,922	103,6	16,6	155	18357	27,703	104	16,4	155	45170
11,547	110	16,6	155	19336	27,891	99,5	16,6	154	45628
11,75	105	16,9	154	19657	28,125	108,3	16	155	45947
12	109	16,7	154	20147	28,61	107,4	16,2	155	46751
12,547	112,8	16,7	155	20988	28,844	103,7	16,6	155	47057
12,75	104,4	17	154	21308	29,063	102,7	16,3	154	47350
12,985	110,4	16,7	155	21810	29,641	107,4	16,3	155	48304
13,516	113,6	16,5	155	22626	29,844	105,4	16,5	155	48613
13,688	104,3	17	155	22918	30,078	96,6	16,4	154	49050
13,922	100,3	16,8	153	23227	30,531	104	16,4	155	49698
14,469	101,1	16,8	155	24039	30,735	107,6	16,2	156	50010
14,656	113,4	16,7	155	24405	30,969	98,7	16,4	156	50315
14,891	102,9	17	157	24868	31,625	0	0	0	51149
15,485	100,5	17	154	25686					

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	106,06	16,69
Valor Mínimo	96,60	16,00
Valor Máximo	115,30	17,20

Apêndice L – Informações detalhadas corpo de prova 12.

Corpo de Prova 12 - PowerMode									
Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)	Tempo de arco (s)	Amperagem (A)	Voltagem (V)	WFS (pol/min)	True Energy (J)
0	8,3	29,7	139	40	15,329	110,5	16,9	154	25506
0,438	97,7	20,9	144	721	15,532	106,8	17,3	154	25847
0,61	112,3	16,3	149	1386	15,766	99,8	16,9	155	26303
0,813	105	16,8	150	1704	16,375	101,5	16,6	155	27281
1,407	109,5	16,8	151	2719	16,579	111,4	16,8	156	27633
1,61	111,6	16,8	154	3058	16,797	101,4	16,9	155	27925
1,844	108,3	16,7	154	3558	17,297	104,9	17,1	156	28754
2,391	111,8	16,8	154	4395	17,532	106,1	16,8	155	29076
2,61	106,2	17	154	4711	17,75	106,7	17	156	29575
2,844	110,4	16,6	154	5215	18,407	100,8	16,9	155	30518
3,313	106,9	16,6	155	5839	18,594	108	16,6	154	30855
3,532	110,4	16,9	155	6198	18,875	106,8	17,1	155	31344
3,766	106,3	16,9	154	6687	19,579	101,9	16,6	154	32453
4,375	107,7	16,8	154	7707	19,797	107,1	16,6	154	32779
4,563	109,8	16,9	155	8039	20,485	103,2	16,6	156	33880
4,782	101,6	16,8	155	8336	20,688	111,5	16,4	154	34228
5,329	104,6	16,9	154	9179	20,985	101,3	16,7	155	34677
5,532	109,7	16,8	155	9517	21,5	100,9	16,7	155	35469
5,75	101,2	17	155	9979	21,704	107,3	16,4	154	35797
6,313	101,2	17	155	10798	21,938	107,2	16,8	155	36130
6,516	111,2	16,8	156	11154	22,5	104,9	16,7	155	37076
6,75	103	17	155	11616	22,719	100	16,8	156	37384
7,297	101,6	16,9	156	12422	22,954	109,5	16,7	156	37892
7,5	107,8	16,7	155	12754	23,641	99,3	17	155	38823
7,719	104	17	155	13076	23,875	109	16,6	155	39323
8,344	103,5	17,1	155	14061	24,375	104,5	16,6	156	40115
8,594	111,6	16,8	155	14567	24,61	101,3	16,7	155	40414
8,86	101,7	17,1	156	15033	24,829	103,3	16,4	155	40723
9,391	103,8	17	155	15852	25,375	107,2	16,4	155	41678
9,579	108,8	16,7	155	16195	25,594	102,2	16,7	155	41981
9,797	111,6	16,9	156	16530	25,829	105,8	16,2	154	42275
10,407	105,2	17	156	17500	26,422	101	16,3	156	43230
10,61	106,6	16,6	155	17818	26,625	104,6	16,7	155	43569
10,844	109,3	16,8	154	18322	26,86	101,3	16,4	155	44015
11,329	106,7	17,1	155	18973	27,454	101,8	16,5	155	44957
11,532	100,2	17	155	19271	27,672	107,5	16,5	154	45289
11,75	110,3	16,8	156	19784	27,891	99,2	16,5	156	45567
12,407	107,9	16,9	156	20761	28,485	104,3	16,3	155	46344
12,625	102,5	16,6	153	21063	28,719	104,8	16,6	156	46842
12,844	114	16,7	155	21584	28,938	102	16,5	154	47143
13,313	109,8	16,8	155	22238	29,469	101,3	16,3	154	48094
13,516	100,2	17	155	22548	29,688	106,4	16,3	155	48403
13,782	113,2	16,7	154	23058	29,922	99,6	16,3	155	48695
14,297	110,3	16,8	155	23876	30,563	106,3	16,2	156	49645
14,5	102,9	17	156	24182	30,782	94,1	15,5	37	50039
14,735	107,9	16,7	154	24497					

	Amperagem (A)	Voltagem (Volt)
Média	105,62	16,78
Valor Mínimo	99,20	16,20
Valor Máximo	114,00	17,30