

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM PROJETO E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

Área de concentração: Projeto e Processos de Fabricação

Dissertação de Mestrado

PROPOSTA DE FERRAMENTA DIGITAL PARA O AUXÍLIO
AO PLANEJAMENTO DE PROCESSO DE SOLDAGEM

Luis Alberto Roos

Passo Fundo

2020



Luís Alberto Roos

**PROPOSTA DE FERRAMENTA DIGITAL PARA O AUXÍLIO AO
PLANEJAMENTO DE PROCESSO DE SOLDAGEM**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Airton Consalter

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Passo Fundo

2020

CIP – Catalogação na Publicação

CDU: 621.9

R781p Roos, Luís Alberto
Proposta de ferramenta digital para o auxílio ao
planejamento de processo de soldagem [recurso eletrônico] /
Luís Alberto Roos. – 2020.
2,251 Kb ; PDF.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Airton Consalter.
Dissertação (Mestrado em Projeto e Processos de
Fabricação) – Universidade de Passo Fundo, 2020.

1. Soldagem. 2. Processos de fabricação. 3. Software de
sistemas. I. Consalter, Luiz Airton, orientador. II. Título.

Luís Alberto Roos

PROPOSTA DE FERRAMENTA DIGITAL PARA O AUXÍLIO AO
PLANEJAMENTO DE PROCESSO DE SOLDAGEM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Data de aprovação: 29 de Maio de 2020.

Os componentes da Banca examinadora abaixo aprovaram a Dissertação:

Professor Doutor Luiz Aírton Consalter
Orientador

Professor Doutor Cássio Luciano Baratieri
Universidade Regional Integrada - Erechim

Professor Doutor Charles Leonardo Israel
Universidade de Passo Fundo

Professor Doutor William Haupt
Universidade de Passo Fundo

AGRADECIMENTOS

Ao meu primeiro orientador, Prof. Dr. Nilson Maziero, agradeço pelos inúmeros conselhos e ensinamentos, pela atenção e dedicação prestados a mim, sendo muito importante para a concretização deste trabalho.

Ao professor Dr. Luiz Airton Consalter, pela orientação e especial participação na etapa final de meu trabalho, com sua enorme experiência na estruturação e qualificação desta.

À Universidade de Passo Fundo (UPF), pela sua estrutura e professores altamente qualificados que proporcionaram ambiente educacional adequado às exigências de um mestrado.

Ao professor Dr. Cássio Luciano Baratieri, por estar presente representando a instituição onde realizei minha formação inicial em Engenharia, a URI Erechim.

A excelente banca que avaliou e agregou muitas sugestões interessantes, engrandecendo o trabalho com conhecimentos técnicos apropriados.

*Dedico especialmente este trabalho a Deus, a minha esposa e
aos meus filhos, que são fonte de motivação diária,
aos meus pais, pelo apoio e aos meus avós, sempre em meu coração.*

“Nada é permanente, exceto a mudança”.

Heráclito de Éfeso.

RESUMO

O trabalho refere-se ao desenvolvimento de uma ferramenta digital de planejamento e controle de processos de soldagem em conjuntos soldados. Tal ferramenta trata-se de um sistema que gera uma sequência de planejamento com entrada de dados iniciais de projeto, estabelecendo quais são as necessidades técnicas profissionais e de qualificação, além de recursos operacionais. Desta forma é possível prever possibilidades de planejamento através de pesquisa interna com base em experiências em produtos similares; verificação de ferramental e equipamentos envolvidos; necessidades de qualificação humana; documentos técnicos de apoio e outros que possam ser incorporados aos módulos da plataforma conforme a necessidade do usuário. Neste sentido, forma-se o conceito da plataforma para ser implementada conforme a demanda das indústrias metalmeccânicas, haja vista que estas podem estar vivenciando deficiências no desenvolvimento de processos de soldagem causadas pela falta de um sistema padronizado de planejamento e controle, o qual poderia ser conduzido por responsável técnico a partir da organização de sequências apresentadas pelo *software* e, com isso, aumentar o grau de assertividade técnica e otimizar custos envolvidos, além de manter uma rastreabilidade capaz de sustentar a homologação de produtos em seus clientes. Utilizando o *software* de desenvolvimento Visual Studio 2015, foram desenvolvidos módulos de cadastro de dados que posteriormente são selecionados em comandos nos menus do sistema, complementando as informações técnicas necessárias para o planejamento do processo de soldagem e, ao final, são compiladas em forma de um plano de processo padronizado que segue ao ambiente fabril e aos usuários no chão de fábrica e setores de engenharia para homologação final.

Palavras-chaves: Soldagem. Planejamento de Processos. Sistematização de Operação. Gerenciamento de Informações. Ferramenta Digital.

ABSTRACT

This academic work refers to development of a digital tool of planning and controlling of welding processes on welded sets. The system generate a planning's sequence with the project's initial data input, establishing the necessity of human technique and resources, predicting planning possibilities through internal research based in past experiences and similar products, verifying tools and equipment involved, the need for human qualification, supporting technical documents and others that could be incorporated into platform modules as needed by the user. In this sense is shaped the platform's concept to be implemented according to the metalworking industry' need that nowadays could have deficiencies in developing welding processes due to a lack of a patterned system of planning and controlling that could be conducted by a technician from the sequences' organization of presented by the software, and with this, raising the degree of technical assertiveness and optimize costs involved, besides keeping a traceability able to sustain the homologation of products to its customers. Using development's software Visual Studio 2015, were developed registration modules of data that posterior are selected from system menus, complementing technical information needed to the planning of welding process and, by the end, are compiled in a way of a standard planning, following to the factory environment and shop floor and engineering sectors to final homologation.

Keywords: Welding. Process Planning. Operation's Systematization, Information Management. Digital Tool.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Formulário de Especificação de Soldagem	19
Figura 2 – Fluxograma Principal	27
Figura 3 – Módulo 1 – Necessidades do Projeto.	29
Figura 4 – Módulo 2 – Análise de Recursos	30
Figura 5 – Módulo 3 – Planejamento e Execução do Sistema	31
Figura 6 – Módulo 4 – Testes e Aprovação.....	32
Figura 7 – Fluxograma Modelo do Planejamento do Processo de Soldagem	33
Figura 8 – Exemplo Base de Dados para o Plano de Soldagem.....	37
Figura 9 – Tela inicial – Sistema de Planejamento de Processos de Soldagem	50
Figura 10 – Tela com Informações sobre o Sistema	51
Figura 11 – Tela do Menu Software.....	51
Figura 12 – Tela do Menu Ajuda para Utilização do <i>Software</i>	52
Figura 13 – Tela do Menu Plano de Processo	52
Figura 14 – Tela do Menu Base de Dados.....	53
Figura 15 – Tela do Menu Gerenciamento.....	55
Figura 16 – Tela da opção Histórico dos Planos de Processo no Menu Gerenciamento	56
Figura 17 – Tela da Base de Dados sobre EPIs.....	56
Figura 18 – Tela da Base de Dados sobre Ferramentas.....	57
Figura 19 – Tela da Base de Dados sobre Gabarito	58
Figura 20 – Tela da Base de Dados sobre Gases.....	59
Figura 21 – Telas para Seleção dos Instrumentos de Medição.....	60
Figura 22 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada	60
Figura 23 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada – Metais de Base	61
Figura 24 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada – Metais de Adição.....	62
Figura 25 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada – Características Elétricas	63
Figura 26 – Tela da Base de dados Junta Qualificada - Gás	64
Figura 27 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada – Técnica de Soldagem	64
Figura 28 – Telas da Base de Dados Junta Qualificada - Ensaios.....	65
Figura 29 – Telas da Base de Dados Junta Qualificada – Seleção de Ensaios.....	66
Figura 30 – Tela da Opção Dobramento dos Tipos de Ensaio	66
Figura 31 – Tela da Base de Dados – Importar Laudos	67
Figura 32 – Tela da Base de Dados – Ensaios Juntas.....	67

Figura 33 – Tela da Base de Dados – Escolha da Máquina de Solda	68
Figura 34 – Tela para Escolha de Ferramentas.....	69
Figura 35 – Tela da Base de Dados – Escolha do Soldador	69
Figura 36 – Tela da Base de Dados – Método de Movimentação.....	70
Figura 37 – Relatório do Plano de Processo de Soldagem	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	–	<i>American Petroleum Institute</i>
ASME	–	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
AWS	–	<i>American Welding Society</i>
CAD	–	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	–	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CAPP	–	<i>Computer Aided Process Planning</i>
CIM	–	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>
CIM	–	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>
CNC	–	Comando Numérico Computadorizado
DNV	–	<i>Det Norske Veritas</i>
EPS	–	Especificação de Processo de Soldagem
FMEA	–	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
IoT	–	<i>Internet of Things</i>
PDF	–	<i>Portable Document Format</i>
SPGS	–	Sistema para o Planejamento e Gerenciamento da Soldagem
TI	–	Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Descrição do problema	14
1.2	Justificativa	14
1.3	Objetivo geral	15
1.3.1	Objetivos específicos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3	METODOLOGIA	26
4	MODELO DA PLATAFORMA	27
4.1	Módulo 1 – Necessidades de projeto	28
4.2	Módulo 2 – Avaliação de recursos	29
4.3	Módulo 3 – Planejamento e execução do sistema	30
4.4	Módulo 4 – Testes e aprovação do plano de solda elaborado	32
4.5	Fluxograma do processo	34
4.5.1	Projeto	34
4.5.2	Análise de especificações de soldagem	34
4.5.3	Simulação virtual	35
4.5.4	Base de dados	37
4.5.5	Criação do plano de solda	38
4.5.6	Reunião da equipe técnica e de apoio	38
4.5.7	Análise de recursos	38
4.5.8	Preparação do processo conforme a plataforma	42
4.5.9	Teste do planejamento	44
4.5.10	Aprovação do teste	45
4.5.11	Liberação do lote	46
4.5.12	Aprovação do plano	46
5	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DA PLATAFORMA DE PLANEJAMENTO DE PROCESSO	47
5.1	Plano de acessibilidade	49
5.2	Estruturação dos comandos da plataforma	49

5.2.1 Menu <i>software</i>	51
5.2.2 Menu plano de processo	52
5.2.3 Menu base de dados.....	53
5.2.4 Menu gerenciamento	55
5.3 Base de dados	56
5.3.1 Base de dados de EPIs	56
5.3.2 Base de dados sobre ferramentas.....	57
5.3.3 Base de dados sobre gabarito.....	58
5.3.4 Base de dados sobre gases	59
5.3.5 Instrumentos de medição	60
5.3.6 Base de dados/junta qualificada	60
5.3.7 Base de dados/junta qualificada/metais de base	61
5.3.8 Base de dados/junta qualificada/metais de adição.....	62
5.3.9 Base de dados/junta qualificada/características elétricas	62
5.3.10 Base de dados/junta qualificada/gás	63
5.3.11 Base de dados/junta qualificada/técnica de soldagem.....	64
5.3.12 Base de dados/junta qualificada/ensaios.....	65
5.3.13 Base de dados/máquinas de solda.....	68
5.3.14 Plano de processo/novo/escolha de ferramentas	68
5.3.15 Base de dados/soldador	69
5.3.16 Base de dados/método de movimentação	69
5.4 Relatório final do software	70
6 CONCLUSÃO.....	72
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICES.....	78
Apêndice A – Descrição das terminologias utilizadas no sistema para entrada padronizada de dados.....	79

1 INTRODUÇÃO

Muitas empresas do setor metalmeccânico que desenvolvem produtos de grande porte tais como chassis de veículos, estruturas metálicas de máquinas, entre outras, trabalham com conjuntos de peças de grandes dimensões soldadas entre si ou que possuem elevado número de componentes a serem soldados, encontrando dificuldade para garantir o produto final dentro das especificações.

Normalmente a soldagem de grandes estruturas e conjuntos com grandes quantidades de peças são os produtos mais afetados por tensões residuais e deformações geradas pelo aquecimento descontrolado de áreas que ao resfriarem resultam em deformações que geram alterações dimensionais no conjunto, gerando não conformidades, custos de retrabalho, manutenções internas e externas a empresa.

Segundo Modenesi, Marques e Santos (2012), as estruturas soldadas são construídas para desempenhar alguma função por certo período de tempo. A soldagem, contudo, pode ser considerada, em muitos casos, como uma "agressão" ao material, pois gera alterações localizadas de microestrutura, propriedades e, frequentemente, descontinuidades tanto físicas como metalúrgicas; tudo isto podendo afetar negativamente o comportamento geral da estrutura em serviço. A diferença de propriedades entre o metal de base e a região da solda depende das características dos materiais envolvidos, do processo de soldagem, do procedimento operacional e da sua execução.

Como apresentado por Moura (2002) os processos de fabricação industrial em geral estão sujeitos a erros humanos que causam não conformidades de qualidade. Os problemas normalmente têm origem nos métodos de fabricação que permitem operações falhas, desde o planejamento, execução e até a fiscalização.

Outro fator relevante são erros causados pelo soldador, pela não observância de métodos pré-estipulados, falta de qualificação ou desatenção. Sobretudo erros causados por não haver um plano de processo de soldagem adequado.

A falta de qualidade nos processos produtivos gera prejuízo e ainda minimiza os avanços estratégicos, pois quando um produto apresenta defeitos, haverá um gasto adicional por parte da empresa para correção dos defeitos ou a produção de uma nova peça, ademais há perda do custo da oportunidade, pois no momento da reprodução, a empresa deixará de concentrar esforços na produção de outros elementos que certamente contribuiriam para a continuidade do negócio. (JURAN; GRAYNA, 1991 apud FERREIRA; MEDEIROS, 2007).

Neste estudo apresenta-se uma proposta da Ferramenta Digital de Auxílio de Planejamento de Processo de Soldagem, visando automatizar o processo através do gerenciamento, de modo a organizar o processo, o uso de equipamentos, demais recursos adequados e roteiros para métodos e processos. Para tal, abordam-se conhecimentos referentes ao processo de soldagem e técnicas de gerenciamento que conduzam a uma metodologia de auxílio na tomada de decisão no planejamento do processo de soldagem, como forma padronizada de geração e armazenamento de dados e informações técnicas.

1.1 Descrição do problema

A falta de planejamento e gerenciamento em processos de soldagem leva à resultados de não conformidade, principalmente em peças de grandes dimensões e conjuntos em que são soldadas muitas peças. Conjuntos de grandes dimensões, que possuem diversos pontos a ser soldados, várias sequências de soldagens, especificações diferentes e por diversos soldadores, torna-se um problema de alta complexidade, pois erros cometidos levam a deformações dos conjuntos fora das especificações de projeto.

A correção de tais problemas leva a um retrabalho dos conjuntos que demandam custo adicional, e que em muitas vezes a perda de todo um conjunto devido as não conformidades.

1.2 Justificativa

Devido aos problemas decorrentes da soldagem de conjuntos de grandes dimensões e de conjuntos com grandes quantidades de soldas é necessário um sistema que auxilie no planejamento e gerenciamento das atividades de soldagem.

A soldagem deve ser executada com determinada padronização, bem como características específicas que envolvem o processo e equipamentos, onde vários soldadores atuando simultaneamente erros vão ser cometidos em algum momento.

A grande dificuldade das indústrias que desenvolvem processos de soldagem está justamente no fato de que este é um processo especial, que envolve uma gama de variáveis e de recursos para que seja eficiente. Neste sentido, necessitam ser compiladas muitas informações que definem o processo de soldagem e que são provenientes de diversas fontes tais como: equipamentos, mão de obra, qualificação, métodos, ferramental, dentre outras. Estas informações devem ser organizadas de forma a evitar a falta ou a precariedade de

alguma delas, desta forma ocasionando a minimização dos erros que seriam causados no momento da produção.

O uso de recursos manuais, como atualmente a maior parte das indústrias faz por não existir um sistema similar de organização de planejamento de processos, além de necessitar muito tempo em pesquisas e testes, exige muito cuidado manual do processista, fazendo este ser um fator chave para o sucesso ou não dos planos de solda.

A partir destas informações, faz-se necessária a aplicação de uma Ferramenta Digital de Planejamento da Soldagem, com a finalidade de organizar, planejar e controlar para minimizar os problemas relacionados à atividade, de modo a obter uma qualidade adequada do produto.

Os *softwares* comumente encontrados para processo de soldagem, são normalmente inerentes a simulação da condições técnicas e de parâmetros de soldagem, como aponta estudo de Adekunle et al. (2016) e Maropoulos et al. (2000), ou mesmo *softwares* comerciais como *Simufact Welding* (MSC Software Company), *Solvi* (Testmat) e *Soldamatic* (Seaberry), sendo que todos apresentam o resultado técnico final do processo, mas não sua organização de planejamento.

Levando em conta a falta deste *software* específico para organização do planejamento de processo necessita-se de uma ferramenta que auxilie a tomada de decisão por parte de setores como Métodos e Processos, Engenharia de Produção e demais setores técnicos da empresa. Algo que possa também retroalimentar com o aprendizado de históricos de processos similares e principalmente gerar uma forma padronizada tanto de estudo como apresentação de resultado satisfatórios.

Outro ponto importante é a perda de informações, métodos e processos desenvolvidos por funcionários que, em casos de afastamento ou desligamento da empresa, levam consigo todo o conhecimento, fazendo com que a indústria volte ao ponto inicial em relação à formação de custos de desenvolvimento de seus processos.

1.3 Objetivo geral

Desenvolver uma ferramenta que permita organizar as atividades de planejamento do processo de soldagem de grandes conjuntos com a finalidade de obter um produto dentro da qualidade especificada.

1.3.1 Objetivos específicos

- Desenvolver o projeto de uma ferramenta digital de modo que a atividade possa ser elaborada e acompanhada de forma padronizada, com a finalidade de servir de apoio as decisões para o processo de soldagem.
- Desenvolver o método de planejamento a partir de informações do projeto, da experiência do usuário e do auxílio de sistemas de Planejamento de Processos.
- Gerar um relatório final com um plano de processo, que descreva equipamento, dispositivos e processos necessários ao desempenho adequado da atividade.
- Desenvolver um sistema modular que possa no futuro ser ampliado com novas aplicações necessárias à atividade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Weman (2003) todos os métodos de soldagem por fusão produzem a solda movendo uma poça de fusão ao longo da junta; quando o metal aquecido esfria, o encolhimento introduz tensões residuais e distorção na estrutura soldada. As tensões produzem distorção longitudinal e rotacional. Estas podem ser evitadas com o uso de técnicas adequadas de controle de torções, porém sua remoção pós-solda é bastante onerosa, tanto em termos de tempo na execução da tarefa como em mão de obra capacitada. Dessa forma, é preferível adotar medidas que reduzam ou limitem as não conformidades usando informações técnicas através de um planejamento adequado deste processo.

A competitividade gerada atualmente exige cada vez mais das empresas modernas, em aprimoramento de seus processos, por uma questão de sobrevivência.

As tentativas de controle de processos de soldagem se dão normalmente por meio de técnicas de aplicação de ferramentas manuais como Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) e Planos de Ação em geral, conforme estudado por Camargo, Ferreira e Porciúncula (2017, p. 37) que afirmam:

O processo de soldagem é um dos pontos críticos de qualquer indústria de máquinas e equipamentos, e esforços que visem à melhoria contínua desse processo devem ser motivados pela gerência da empresa, e os envolvidos com a qualidade. Ainda existem dificuldades para a implantação e disseminação das ferramentas mais simples de análise de dados de qualidade, análises de falhas, como FMEA em segmentos industriais diferentes do setor automobilístico.

Além disso, algumas das ferramentas mais simples usadas no controle de qualidade foram estudadas por Camargo, Ferreira e Porciúncula (2017) integrando o conceito e a simplicidade de ferramentas quantitativas básicas de qualidade e análise de falhas, para a proposição de soluções em um problema industrial real.

Os principais resultados de forma resumida das análises FMEA realizados neste estudo de caso dos autores e a variação do FMEA orientada para a atividade de fabricação foram apresentados, trazendo inúmeros benefícios para a empresa, uma vez que utiliza a possibilidade de falhas no processo, para transformá-las em potenciais à melhorias desses processos para prever desvios que esses possam apresentar, mas, apesar de o resultado destes estudos levar à melhorias de processo ainda assim depende de método manual de análise e planejamento, atuando sempre posteriormente ao desenvolvimento, e não sendo utilizado como meio de aprendizado para novos produtos soldados.

Para os planejamentos de processo existem basicamente duas maneiras distintas: com auxílio de ferramentas computacionais ou planejamento convencional, baseado na experiência de processistas e normalmente com baixa produtividade (MELO, 2003), devido ao tempo gasto com redação ao invés de estudos de parâmetros influenciadores nos processos.

Algumas desvantagens apontadas por Halevi e Weil (1995 apud MELO, 2003) são: lógica de produção na memória do processista, resultados frequentemente insatisfatórios, atrasos na informação do processo e tempos de ligação com produção prolongados demais.

Marques, Modenesi e Bracarense (2011) contextualizam sobre a necessidade de normas em indústrias que trabalham com processos de soldagem, sendo esta condição essencial para credibilidade, eficiência e praticidade ao uso. Os autores abordam as consequências da falta de observância de normas que podem causar sérios danos e acidentes. Neste sentido, em soldagem foram criadas normas *American Society of Mechanical Engineers* (ASME), *American Welding Society* (AWS), *American Petroleum Institute* (API), *Det Norske Veritas* (DNV), dentre outras, adotadas mundialmente em processos de soldagem e que cobrem as mais diversas etapas dos processos, como exemplo, especificações de material, projeto e preparação de junta, qualificações de procedimentos e operador, além de processo de inspeção.

Segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2011) a Especificação de Processo de Soldagem (EPS) é um documento criado para padronizar os valores permitidos em diversas variáveis do processo para serem adotadas pelo soldador durante a execução de uma junta soldada. Fazem parte dessa EPS informações como composição, classe e espessura dos metais de base, processo de soldagem, tipos de consumíveis e suas características, projeto da junta, posição da soldagem, temperatura de pré-aquecimento e entre passes, corrente, tensão e velocidade de soldagem, aporte térmico, número de passes e técnica operatória. Estas por si só dependem das normas regulatórias determinadas.

Para que a EPS seja utilizada na produção, segundo os autores, necessita de testes e qualificações prévias, por meio de amostras ou corpos de prova retirados, que serão testados ou examinados para aprovação ou rejeição. Dentre vários testes estão ensaios de tração, dobramento, impacto, dureza, macrografia, ensaios não destrutivos, testes de corrosão, etc. (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2011).

Os resultados destes testes devem ser colocados em um Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem (RQPS) que, por sua vez, seja referido na EPS, servindo de atestado de sua adequação aos critérios de aceitação pré-estabelecidos.

Todos os documentos de RQPS e seus devidos ensaios devem ser armazenados segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2011), e cópias devem ser encaminhadas aos setores de produção e colocadas próximas às juntas que serão fabricadas de acordo com as EPS.

Os soldadores devem, periodicamente, demonstrar sua qualificação e aptidão para o processo de soldagem ao qual estão determinados em EPS, sendo que as variáveis que determinam a qualificação de um soldador são, segundo a ASME, o processo de soldagem, a posição, classe do consumível, espessura da junta e situação de raiz desta.

Um modelo simplificado de EPS, segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2011), é apresentado a seguir na Figura 1, baseado parcialmente no código ASME, seção IX:

Figura 1 – Formulário de Especificação de Soldagem

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM – EPS		
Nome da Empresa:		
Nº EPS:	Data:	RQP(s) Corresp:
Processo de soldagem:		Tipo (manual, semi-automático, etc..)
Junta		Tratamento Térmico Pós-Soldagem
Tipo:	Cobre-Junta (sim/não):	Faixa de temperatura:
Material (Tipo):	Outros:	Tempo de Permanência:
Metal Base		Características Elétricas
Tipo:	Análise Química:	Tipo de Corrente (CC/CA):
Faixa de Espessura:	Outros:	Polaridade:
Metal de Adição e o Fluxo		Faixa de Corrente (A):
Classif. AWS:	Marca Comercial:	Tensão:
Dimensões:	Outros:	Outros:
Gás de Proteção		Técnica de Soldagem
Gás (es):	Composição:	Dimensão do Bocal:
Vazão (l/min):	Outros:	Distância Bico de Contato-Peça (mm):
Pré-Aquecimento		Método de limpeza inicial:
Temperatura:	Temperatura entre passes:	Tipo de cordão (reto ou trançado):
Outros:		Oscilação – Amplitude:
		Frequência:
		Método de goivagem:
		Número de passes (por lado):
		Número de Eletrodos:
		Velocidade de soldagem:
		Posição de soldagem:
		Outros:

Fonte: MARQUES; MODENESI; BRACARENSE (2011).

A seguir demonstra-se como a indústria moderna trata da necessidade cada vez maior de aplicação de evolução na gestão e engenharia de processos, devido à crescente demanda por melhores custos e aumento da qualidade.

Também conhecida ou referenciada como a 4ª revolução industrial, a Indústria 4.0 compreende a integração total entre o mundo físico empresarial e o mundo virtual. Integração esta que pode ser dada através de meios como: sensores, equipamentos conectados via rede local, ou até mesmo máquinas e linhas completas sendo gerenciadas a partir de unidades físicas à distância. Em outras palavras, se está “viabilizando o emprego da inteligência artificial”.

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016), esta “inteligência” permite troca de informações instantaneamente e de forma autônoma, até mesmo entre unidades situadas em outras cidades/estados...; e ao contrário do que se costuma imaginar, este processo de gerenciamento, além da área produtiva, contempla os mais variados setores de uma companhia, e os coloca, rapidamente, em perfeita sincronia e disposição às áreas estratégicas da empresa.

Manufatura avançada envolve a integração das tecnologias físicas e digitais, a integração das etapas de desenvolvimento, de engenharia da produção e da produção da cadeia até o uso final do produto e os serviços atrelados a este, a operação autônoma de redes. Representa muito mais que a automação do processo industrial. É, por exemplo, a integração das máquinas e sistemas entre si (inclusive entre fábricas distintas de uma mesma cadeia de suprimentos). É a conexão digital da máquina com o produto. (SONDAGEM ESPECIAL, 2016).

Além de toda esta integração e sincronização entre máquinas, *softwares*, setores produtivos e de apoio, o conceito da Indústria 4.0 impacta diretamente em fatores que visam o envolvimento de custos, o que pode ocasionar a redução dos mesmos na manutenção de equipamentos, redução do consumo de energia e o aumento da eficiência em atividades do processo produtivo.

Independente de como são chamadas ou definidas, as mudanças estão influenciando direta a indiretamente as empresas, que não acompanhando esta progressividade, podem ter sérios problemas para manterem-se competitivas, ou até mesmo atuantes no mercado. O uso de tais tecnologias pode corrigir incapacidades competitivas como: a identificação de problemas rapidamente, reduzir falhas no processo produtivo, eliminar os gargalos, aumentar a eficiência no uso dos recursos disponíveis e até viabilizar a flexibilização em linhas de montagem.

Com todas estas mudanças acontecendo o grande foco do setor industriário ainda é a aplicação destas novas tecnologias em áreas produtivas e à eficiência de processos, porém boa parte já investe e aplica em áreas de desenvolvimento e uma minoria, mas não insignificante, busca inovação e integração com produtos e novos negócios. Neste caso, segundo CNI (2016), percebe-se que a indústria segue um caminho natural, uma vez que foca primeiramente em aproveitar as oportunidades para aperfeiçoar os processos e, posteriormente, move-se para o desenvolvimento de novos produtos e negócios. Neste sentido, sugere-se a utilização destas tecnologias na área do desenvolvimento, na revolução digital que é motivada pela inteligência artificial, além da automação, da internet móvel e da autoprogramação para se chegar a ótimos resultados, dado o fato de que robôs e computadores que se auto programam geram soluções e resultados ótimos, desde que partam de ideias e princípios pré-determinados.

Segundo Venturelli (2014), o objetivo final da Indústria 4.0 ou a indústria do futuro próximo, se é que pode-se, também, defini-la assim, é interligar cada passo, cada etapa dos processos de fabricação. Porém essa integração só será possível caso a tecnologia seja suportada em padrões mundiais, e de certo modo baseada, também, nas definições em consenso da Internet das Coisas, que compreende o acompanhamento, em ritmo acelerado, do avanço da tecnologia. E este avanço só será possível com alto talento técnico e qualificação envolvidos, para que estes avanços possam trazer os benefícios que oferecem às indústrias. A segurança do trabalhador, dos dados e outras questões envolvidas devem constantemente ser abordadas e avaliadas.

A integração entre as partes físicas de uma empresa, *software* e mobilidade estão cada vez mais avançadas, e estão, cada vez mais, saindo do mundo da utopia para se tornarem realidade.

Fernandes (1991) destacou a importância da função de controle de processos para os sistemas integrados de manufatura. Com o grande desenvolvimento percebido nos sistemas tecnologia de informação, o computador se tornou elemento chave da integração das funções desempenhadas em um sistema fabril. Como exemplo, cita a integração da parte do projeto do produto com o planejamento do processo, do planejamento com o gerenciamento da produção e este com a fabricação.

Segundo IEC (2015), não só as cadeias de valor como um todo precisam se tornar sistemas de produção mais flexíveis e singulares também tem que se adaptar ao cliente em rápida mudança demandas.

Ainda conforme IEC (2015) as especificações individuais do produto têm de ser transferidas para planos de produção, trabalhando instruções e configurações da máquina que devem ser distribuídos para as respectivas instalações. Em fábricas do futuro, este processo ocorre automaticamente por meio de interfaces de TI apropriadas e ferramentas de planejamento, que integram o design relacionado e sistemas de execução de manufatura e suas respectivas configurações de fabricação do produto são feitas por meio de mecanismos de mapeamento inteligente.

No entanto, nem todas as adaptações podem ser implementadas por meio de ajustes de material ou parâmetro. Também será necessário reconfigurar as máquinas em certos casos. Ao fazê-lo, é essencial utilizar mecânica, elétrica e interfaces de TI, bem como técnicas de comissionamento virtual, a fim de minimizar os esforços para a configuração, comissionamento e ramp-up de fabricação de equipamentos, mas para avaliar e melhorar as configurações de produção é necessário executar análises de dados relacionadas e simulações baseadas em dados reais e atualizados e informações do chão de fábrica. Por esta razão, a fábrica do futuro tem que integrar vários sistemas de sensores que fornecem tempo quase real dados e garantir que os modelos de análise utilizados representam o estado real de fabricação sistemas.

O uso de ferramentas de automação do planejamento e otimização de processos é uma alternativa as empresas para economizar custos envolvidos em trabalhos técnicos repetitivos gerados por setores técnicos responsáveis por determinar os processos de fabricação na indústria. (ROZENFELD, 1992).

Normalmente a experiência do processista no planejamento convencional resulta em problemas que podem ser resolvidos com o uso de computadores, utilizando as informações geradas pelo sistema *Computer Aided Process Planning* (CAPP), tornando o sistema mais consistente e qualificado, garantindo o domínio do processo.

O planejamento do processo produtivo se torna importante por fazer a ligação entre Projetos (CAD) e os (CAM), tornando o trabalho mais eficiente e otimizando os custos envolvidos.

Segundo a Tech Target (2016), o planejamento de processos auxiliado por computador é uma ligação entre o design e a fabricação em um ambiente de fabricação integrada por computador. Normalmente é usado por engenheiros para fabricação, e o CAPP pode ser usado para desenvolver um plano de fabricação de produtos com base em variáveis projetadas como custo, prazos de entrega, disponibilidade de equipamentos, volumes de produção, potenciais rotas de substituição de material e requisitos de teste.

Segundo Farias (2016), existem quatro níveis de CAPP conhecidos com suas características distintas, dos quais será seguido o Processo Variante neste estudo:

- Planejamento do Processo Variante: parte de um plano base que é modificado para se obter um novo plano. Neste tipo de planejamento utilizam-se planos padrões ligados a famílias de peças ou planos semelhantes, que não requerem a formação de famílias de peças, proporcionando uma sistematização de curto período e investimento.
- Planejamento do Processo Generativo Interativo: usa a automação do sistema com a criação de dados de entrada digitados e alternativas a serem selecionadas em um ambiente amigável de computador, tornando o sistema ágil e padronizado.
- Planejamento Generativo Automático: O princípio deste método de planejamento do processo é baseado no armazenamento de regras e dados de capacidade do processo de fabricação. Através destas informações, um plano de processo poderia ser gerado sem a necessidade de uma pessoa experiente, pois os mecanismos de inferência, decisões, lógicas e algoritmos, interpretariam os dados de projeto e tomariam as decisões.
- Planejamento Híbrido: permite a utilização das vantagens de cada método em partes distintas das funções de planejamento de processo. Para uma peça totalmente nova, que não possua plano de processo semelhante, inicia-se o planejamento através do generativo interativo, e em determinados pontos pode-se requisitar que o sistema faça uma inferência automática (cálculo de tempos, cálculo de condições, geração de programas CNC).

Para Chang (1988) e Scheer (2012), o termo “CIM” representa uma integração das funções de projeto e fabricação computadorizadas em uma sequência de atividades e descreve a Manufatura Integrada por Computador (CIM) como um conceito que evoluiu muito ao longo do tempo. Este sistema relaciona o CAD (*Computer Aided Design*) e CAM (*Computer Aided Manufacturing*) amplamente utilizados atualmente na indústria moderna.

Outro conceito apresentado segundo Kamrani e Parsaei (1993), Guerrini et al. (2014), a CIM é definida como a forma mais automatizada de produção e pode ser definida também como o uso da tecnologia de computador para integrar atividades de fabricação de determinado produto.

Apesar da relevância do CIM no planejamento de processos, o foco principal deste trabalho refere-se a utilização de conceitos aplicados ao uso de sistemas computacionais como forma de padronização de atividades relacionadas a tomada de decisão de informações e recursos que compõe o Planejamento de Processos de Soldagem definido.

Utilizando-se um sistema de organização automática *Manufacturing Execution System* (MES) de produção os elementos que afetam um sistema produtivo interagem, e buscam em conjunto a melhor solução para atender uma demanda de produção. Isto ocorre de forma dinâmica em cada produto a ser produzido e em todas as etapas do processo, possibilitando decisões e arranjos produtivos mais assertivos. Esta evolução visa atender a uma necessidade de respostas mais rápidas sob demandas de mercado, onde sistemas convencionalmente hierárquicos costumam não responder satisfatoriamente (ONORI; SEMERE; LINDBERG, 2011). Neste caso a hierarquia é definida quando um produto requer uma manufatura, então este interage diretamente com os componentes da manufatura para então definir a melhor forma de ser produzido.

Conforme Oliveira (2003) o problema da necessidade de agilidade no chão de fábrica, os distúrbios e incertezas que as empresas de fabricação enfrentam em seus cenários de negócios além da diversidade de produtos e a agilidade na produção e entregas fazem com que os dispositivos mecatrônicos existentes não consigam atender a estes novos requisitos. A capacidade de meios produtivos de serem melhorados rapidamente, alterados ou tornarem-se facilmente modificáveis dá ao meio produtivo a agilidade necessária para atender a novas especificações técnicas, neste sentido ainda mais é ressaltada a importância de planejamento do processo produtivo.

Também Silva (2016), estudou a necessidade de reconfiguração que os sistemas de manufatura de empresas de forma a atender diversidade de produtos através da reorganização do fluxo produtivo, auto organizando os processos de produção.

Porém atendendo a demanda básica de desenvolvimento de processos em etapas padronizadas será utilizada conforme segue um modelo capaz de orientar o processista no ambiente fabril, por ferramenta computacional.

Foi estudado por Adekunle *et al.* (2016) o desenvolvimento de um *software* para desenvolvimento de processo de soldagem para atender a demanda de setores automotivos, observando a necessidade de redução de custos através de uso de materiais cada vez mais leves e alternativos, com isto a indústria teve que evoluir seus processos observando a soldabilidade destes materiais especiais, onde o *Software* de Projeto Assistido por Computador foi desenvolvido para a soldagem de chapas planas, outro módulo para soldagem de chapas cilíndricas, os resultados foram comparados, e após foi desenvolvido um Sistema Especialista de Soldagem CAD.

Neste Sistema Especialista de Soldagem e de acordo com o tipo de material, suas propriedades mecânicas, a tipologia de solda e o tipo junta a ser atendida, as informações são apresentadas em uma imagem gráfica que representa o desenho do perfil de solda a ser executado, porém sem avanços expressivos que possam auxiliar no desenvolvimento ou aplicação de aprendizado em novos processos similares a serem estudados pelo usuário no futuro.

Segundo Adekunle et al. (2016) os objetivos lançados foram alcançados, utilizando a abordagem baseada em regras para garantir que cada etapa do procedimento de soldagem fosse adotada adequadamente e, baseada em um modelo, fosse usada para prever o produto com a transformação pós-soldagem, porém, com necessidade de informações completas aos executantes de soldagem para promover o perfeito entendimento das especificações. Para tanto detalhar as peças, com tipologia, identificação, posições e dimensões a seguir são fundamentais para garantir a qualidade do processo.

No processo propriamente dito são fundamentais as informações de parâmetros de soldagem onde são monitoradas algumas características como corrente e tensão de soldagem que interferem diretamente na metalurgia da solda sendo diretamente observada a penetração dos cordões de solda, visto sua responsabilidade em manter uniões estruturais estáveis em conjuntos soldados.

Outro estudo, desenvolvido por Maropoulos et al. (2000), utiliza a metodologia de planejamento de processo agregado para avaliar opções alternativas de projeto e processamento nos estágios iniciais do projeto, aplicando critérios de processo de fabricação, e neste estudo discutem a definição e implementação do CAPABLE / *Welding*, um sistema de planejamento de processo agregado recém-desenvolvido para dar suporte à avaliação inicial de projetos complexos de fabricação, usando métodos orientados a objetos e baseados em recursos disponíveis. Basicamente são discutidos os métodos de abstração de dados de produto por meio de sistema de CAD ou STEP na primeira parte de seu estudo.

Em artigo de Maropoulos et al. (2000), os autores discutem como o modelo de produto pode ser usado no planejamento de processos agregados.

Vários testes em modelos genéricos de processo de soldagem foram desenvolvidos utilizando as técnicas de planejamento em relação ao equipamento de produção disponível na empresa e seu *layout* fabril, além de outras alternativas de processo e máquina, sendo então encontrado o método ideal de produção com o auxílio de um algoritmo simulado. Tal algoritmo seleciona tipos de processo, equipamentos, encontra a melhor orientação de soldagem, número de configurações e os processos e rotas ideais para um custo mínimo do produto ou *lead time*. Os planos resultantes são apresentados graficamente através de um navegador de hipertexto. Isso combina uma exibição gráfica do tempo do processo e distribuição de custos por recurso, com *links* para o conhecimento relevante do processo.

O sistema de planejamento de processos CAPABLE / *Welding* estudado por Maropoulos et al. (2000) produziu, conforme referem os autores, resultados com eficiência e com níveis aceitáveis de precisão, e no futuro sugeriram incluir um programa de otimização de múltiplos objetivos, de forma que o usuário possa ter a flexibilidade de escolher um conjunto desejável de soluções dentre várias opções possíveis geradas para uma determinada fábrica.

3 METODOLOGIA

A ferramenta proposta foi estruturada seguindo uma sequência de análise e entrada de dados baseado nas práticas usuais da indústria, a qual desenvolve planos de processos a partir de aquisição de informações iniciais de projeto, verificação de recursos, entrada de dados, montagem do plano de processo, testes e homologação.

Esta sequência de trabalho foi explicada detalhadamente como forma de entendimento da estrutura de documentação e dados utilizada, portanto sendo a informatização das práticas manuais atualmente utilizadas por setores de Engenharia Industrial.

O estudo proposto abordou a criação de protótipo de uma ferramenta digital de planejamento de processos e para tal criou-se o aplicativo utilizando o Visual Studio 2015, um *software* criado pela Microsoft, que pode ser definido como uma das melhores opções entre as IDEs (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) disponíveis no mercado.

O Visual Studio utiliza a linguagem C# que é uma linguagem de programação, multiparadigma, de tipagem forte, desenvolvida pela Microsoft. A sua sintaxe orientada a objetos foi baseada no C++, mas inclui muitas influências de outras linguagens de programação, como Object Pascal e, principalmente, Java. Já a interface gráfica foi feita com a utilização do Windows Form, bem como toda a programação realizada nesta metodologia.

O modelo é composto por três itens principais: a criação do plano de processo, da base de dados e do sistema de gerenciamento dos planos de processo.

O plano de processo foi desenvolvido a fim de responder as necessidades de informações técnicas que compõem o processo de soldagem, como regulagens de equipamentos, necessidades de qualificação, parâmetros de soldagem e recursos necessários, atendendo a fundamentação básica da AWS como orientação primária, conforme informações básicas contidas no apêndice.

O banco de dados foi criado seguindo o modelo de um banco de dados do tipo remoto através de seus atributos e códigos pré-estabelecidos na programação a fim de demonstrar a viabilidade do sistema.

A programação segue conforme os atributos são criados, primeiramente montando uma base de dados de entrada, que servirão posteriormente para alimentar as informações solicitadas nos comandos de seleção nas telas.

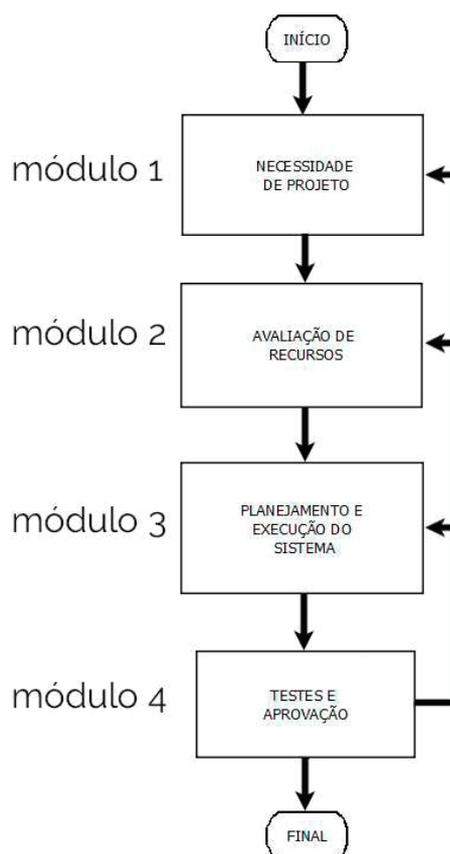
As informações são armazenadas no banco de dados remoto e podem ser modificadas a qualquer momento, além de armazenar versões anteriores a fim de promover o conhecimento através do histórico de atividades dos responsáveis pelo manuseio do aplicativo e evitando desperdícios de tempo com planejamentos empíricos.

4 MODELO DA PLATAFORMA

Com o objetivo de definir o protótipo de uma plataforma de planejamento e controle de processos de soldagem apresenta-se um fluxograma de atividades relacionadas ao processo produtivo, no qual demonstram-se cada uma das fases com as devidas responsabilidades e ações pertinentes para caracterizar um fluxo que permita a minimização de erros do processo, otimizando-o a fim de que seja uma ferramenta acessível e confiável.

Figura 2 mostra o fluxograma inicial planejado enfatizando a condição necessária para o andamento do processo de criação e desenvolvimento da plataforma, objetivando relacionar as áreas afetadas. Cada fase pode necessitar de reavaliação e retorno à atividade anterior devido aos elementos necessários para preservar a qualidade e confiabilidade da plataforma.

Figura 2 – Fluxograma Principal



Fonte: Autor (2020).

O fluxograma principal demonstrado na Figura 2 inicia com a análise das **Necessidades de Projeto**, considerando características obtidas na Engenharia de Produto,

após a análise da Engenharia de Manufatura que define o processo fabril, originando os dados utilizados na fase seguinte.

Caso houver alguma norma de soldagem a ser seguida esta é estabelecida pela Engenharia, e deve ser seguida e conhecida pela equipe usuária da ferramenta. Os dados e informações desta norma devem ser apurados e selecionados dentro do padrão do *software*, respondendo aos campos competentes de cada critério normativo.

Além de avaliar os recursos de equipe de colaboradores, equipamentos e tecnologias a serem usados nas atividades e informações a fase de **Avaliação de Recursos** visa definir as diretrizes da fase seguinte de **Planejamento e Execução**, utilizando-se dos objetivos acordados com a direção da empresa e objetivos esperados nas avaliações finais.

O Planejamento e Execução da Plataforma envolve, além da Equipe Técnica, setores como Ferramentaria e Manutenção que visam projetar e construir o ferramental de acordo com os padrões da empresa, buscando a minimização de custos e a otimização de processos utilizando-se de meios confiáveis, porém práticos para posterior necessidade de manutenção do sistema. A seguir, na fase de Testes e Aprovação, é necessário avaliar e apresentar os resultados a fim de promover a aprendizagem da atividade, tornando-se um conhecimento que servirá a futuros processos.

O fluxograma principal foi dividido em módulos, (Figura 2) a fim de organizar as atividades macro em grupos distintos e com semelhança de atividades, sendo o Módulo 1 o responsável pelo atendimento das necessidades de projeto, o Módulo 2 responsável pela avaliação de recursos disponíveis, Módulo 3 responsável pelo planejamento e execução do sistema de controle e o Módulo 4 o responsável pelos testes e aprovação do sistema.

Estes módulos serão apresentados a seguir com suas devidas definições.

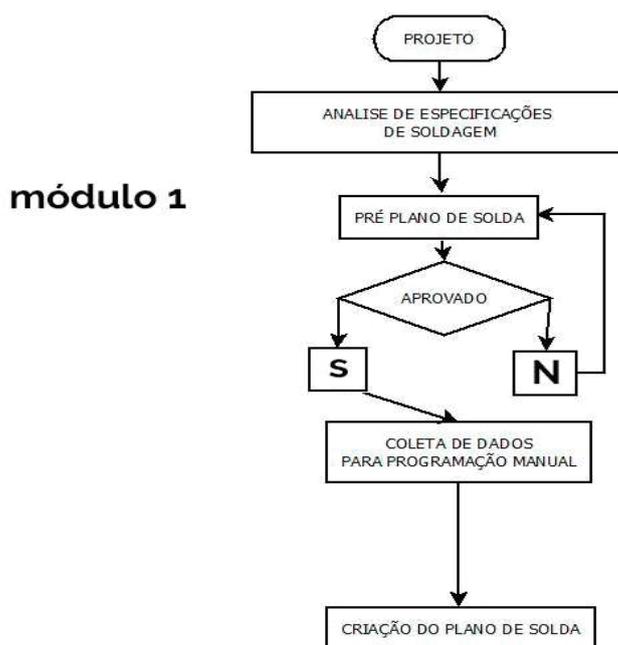
4.1 Módulo 1 – Necessidades de projeto

O objetivo deste módulo é definir, a partir do projeto do produto, um plano de trabalho que permita atender os requisitos da engenharia do produto e estabelecer um plano de soldagem e de controle do processo.

Sobre as necessidades de projeto (Figura 3), primeiramente realiza-se a análise das especificações de soldagem. Esta análise pode ser realizada a partir da experiência do processista ou com a utilização de simulação virtual como apoio, ou ambos. De posse destas informações, o plano de processo é iniciado sendo necessários os passos seguintes: análise com base em experiência ou simulação virtual, a definição do plano, a identificação dos

recursos, o planejamento e execução do processo no sistema e por fim ainda tem-se a necessidade de realização de um ensaio real. No módulo 1, os objetivos são a obtenção das informações para gerar um plano de processo a ser testado e executado ao final do planejamento.

Figura 3 – Módulo 1 – Necessidades do Projeto.



Fonte: Autor (2020).

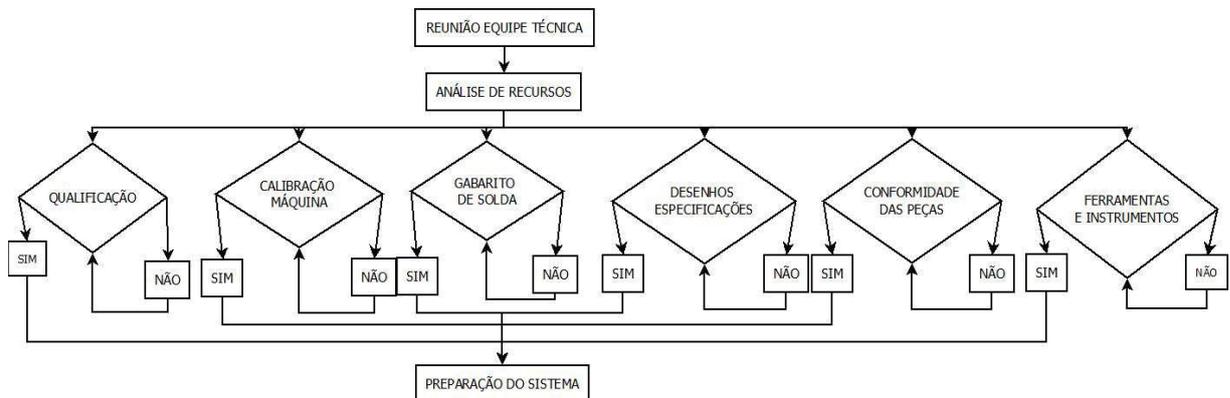
4.2 Módulo 2 – Avaliação de recursos

Este módulo é responsável pela avaliação dos recursos necessários para atender o plano de solda, em dependência da disponibilidade da empresa.

Na Figura 4 são apresentados os tipos de recursos analisados, calibração da máquina, gabarito de solda, desenhos e especificações, conformidade de peças, ferramentas e instrumentos. É de extrema importância para o bom andamento do projeto, que todos os recursos necessários para a realização do mesmo estejam disponíveis. Como exemplo pode-se citar que não basta a disponibilidade de desenhos e especificações técnicas de alto nível se não há um operador qualificado para lê-los ou uma máquina que não comporte a calibração necessária para tal atividade.

Devido à configuração que a plataforma possui, além da interação automática com o banco de dados através da *Internet of Things* (IoT), a cada característica necessária para atendimento das especificações de projeto, que variam de acordo com cada produto, o sistema oferece as opções para que o processista escolha a mais adequada.

Figura 4 – Módulo 2 – Análise de Recursos



Fonte: Autor (2020).

4.3 Módulo 3 – Planejamento e execução do sistema

Neste módulo, após a definição da estrutura e recursos do módulo 2 são realizadas as montagens dos componentes de controle, parametrização do sistema, integração das redes de dados e demais requisitos ao funcionamento completo do processo.

Normalmente serão as etapas mais longas devido ao trabalho de ajustagem eletrônica embarcada a serem aplicados, contando com equipe maior e qualificada para as funções específicas de cada atividade.

A equipe é responsável pela garantia do perfeito funcionamento e correções de eventuais não conformidades encontradas.

Conforme a Figura 5, todas as etapas sequenciadas pelo sistema têm relação entre si, e para que a liberação final deste módulo ocorra, todas as etapas devem estar preenchidas/completas e integradas a rede de dados, sendo que se, somente uma das etapas ainda estiver aguardando liberação, seja ele por falta de colaborador qualificado ou equipamento correto, todo o projeto não pode ter andamento até a mesma ser submetida com dados legais do mesmo. Dentre as etapas deste módulo destacam-se: programação da máquina de solda, qualificação do soldador, sequenciamento de soldagem, controle de distorção, controle de dimensão da solda, chamadas de apoio, controle de tempo de retirada do gabarito e geração de indicadores.

Este módulo conta com um sistema de segurança de liberação total, uma vez que todo o módulo 3 tem que estar 100% liberado para a continuidade do fluxo de processo e as informações do mesmo serão geradas automaticamente pelo sistema.

O módulo 3 é dividido em oito etapas de processamento, e as referências que devem ser seguidas estão estabelecidas no Apêndice A deste, e que estabelece as condições mais

importantes a serem consideradas na tomada de decisão de cada fase abaixo, sendo necessária experiência profissional do processista para melhor aplicação conforme projeto do produto.

1 – Programação da máquina de solda: o sistema identifica a melhor programação de máquina para o projeto em processo, ajusta a mesma para que ocorra a parametrização somente com crachá do programador (caso este sistema esteja adaptado ao equipamento) e libera a etapa.

2 – Qualificação do soldador: o sistema apura os dados de qualificação necessários ao projeto, seleciona o operador mais qualificado para a atividade e libera a etapa.

3 – Sequenciamento de soldagem: o sistema define a posição do código de barras conforme o plano de solda, bem como posição dos leds indicadores conforme o plano de solda e libera a etapa.

4 – Controle de distorção: o sistema informa o posicionamento do medidor laser, *strain gauges* e células de carga conforme plano de solda e realiza a liberação da etapa.

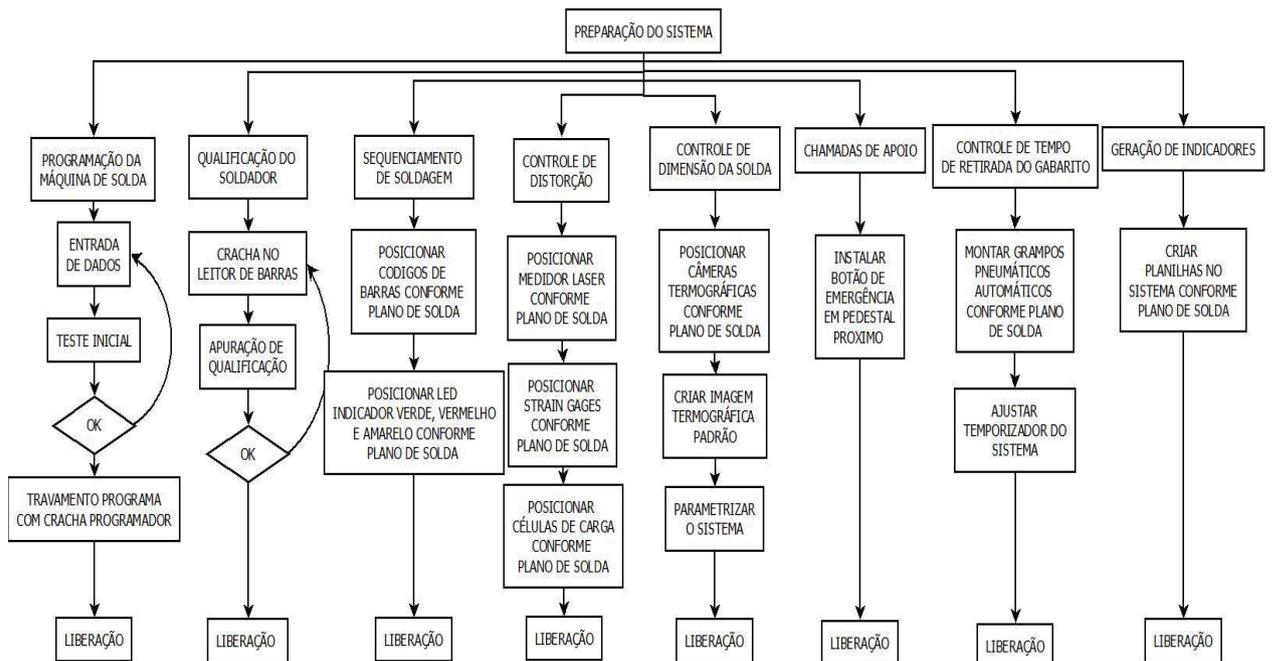
5 – Controle de dimensão de solda: o sistema informa posicionamento de câmeras termográficas, cria imagem termográfica padrão e libera a etapa.

6 – Chamadas de apoio: definição do botão de emergência para chamadas de apoio e liberação da etapa

7 – Controle de tempo de retirada do gabarito: definição de montagem dos grampos pneumáticos de solda pelo sistema, ajuste do temporizador do sistema e liberação da etapa.

8 – Geração de indicadores: o sistema cria planilhas com indicadores conforme base no projeto do plano de solda até então preenchido e libera a etapa, consequentemente liberando o módulo 3 por completo.

Figura 5 – Módulo 3 – Planejamento e Execução do Sistema



Fonte: Autor (2020).

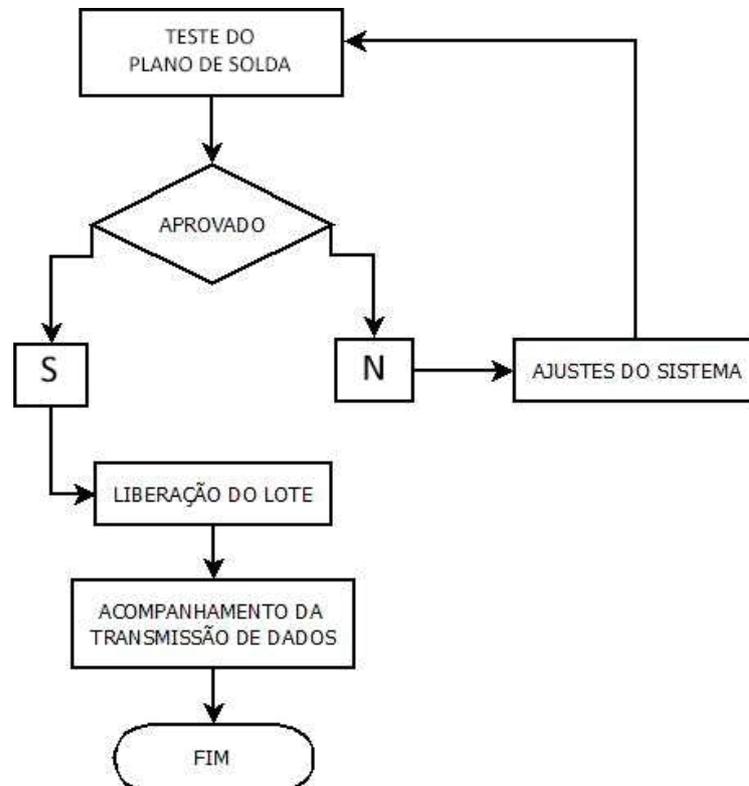
4.4 Módulo 4 – Testes e aprovação do plano de solda elaborado

A fase final ocorre quando o sistema está todo montado e iniciam-se os testes em *software* de simulação virtual colocando à prova o processo e submetendo o mesmo a erros para identificar não conformidades e gerar segurança na aplicação física da técnica (Figura 6), onde a partir do teste, caso haja aprovação, tem-se a liberação do lote, com posterior acompanhamento da transmissão de dados aos setores produtivos envolvidos no projeto e aplicação do processo.

As transmissões de informação são testadas integrando redes informatizadas e geradores de gráficos e painéis de controle, os quais geram dados para tomada de decisões gerenciais.

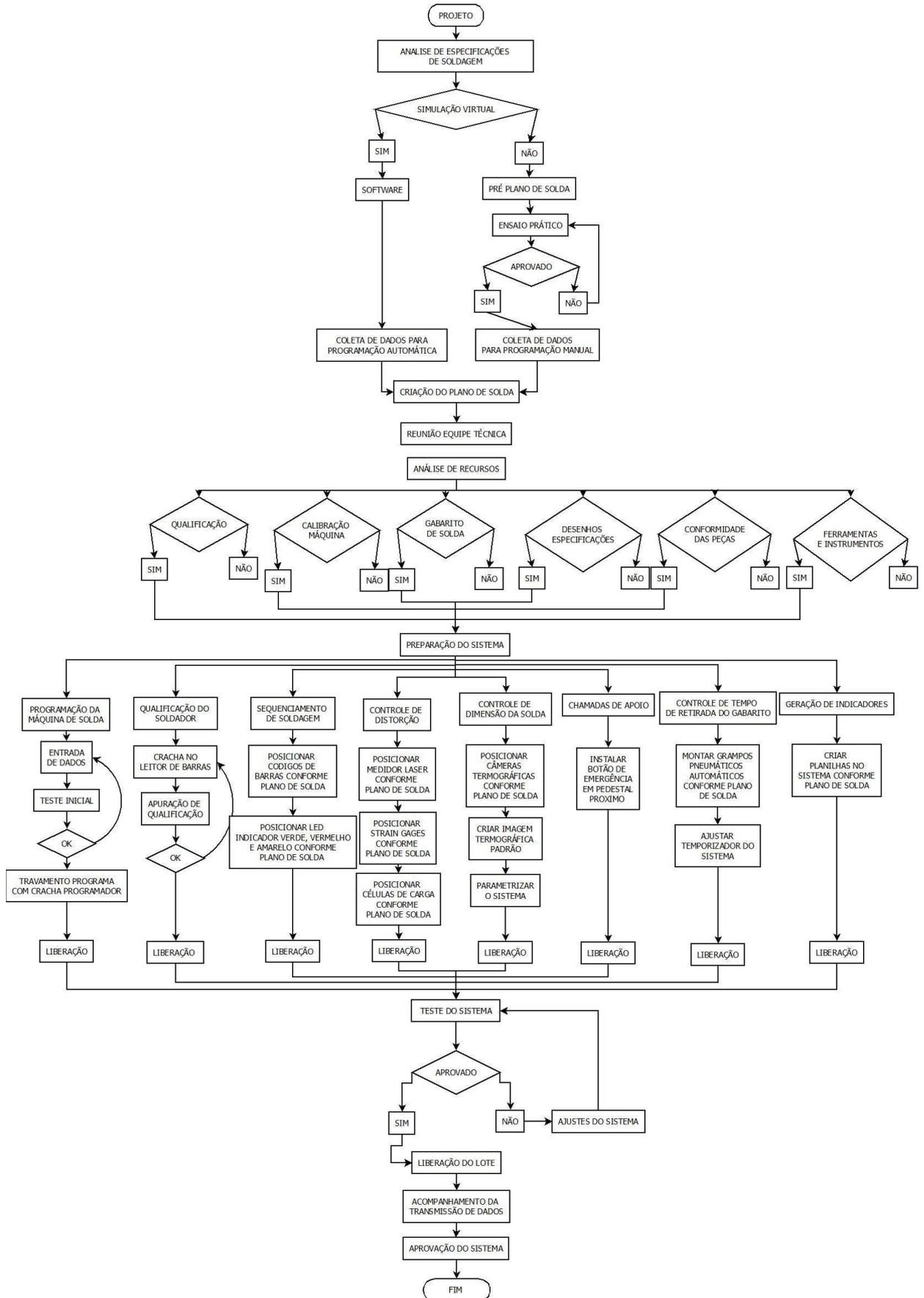
Por fim também deve ocorrer a aprovação e homologação do plano de solda por parte da equipe envolvida, sendo garantida a estabilidade e a geração de resultados satisfatórios a empresa usuária da técnica.

Figura 6 – Módulo 4 – Testes e Aprovação



Fonte: Autor (2020).

Figura 7 – Fluxograma Modelo do Planejamento do Processo de Soldagem



4.5 Fluxograma do processo

Após a união dos módulos de trabalho o fluxograma do processo (Figura 7 – Fluxograma Modelo do Planejamento do Processo de Soldagem) se completa, sendo uma ferramenta para dirigir ações dos grupos de trabalho e normatizar as atividades, sendo também um guia inicial para propostas padronizadas de soluções para os mais diversos problemas de soldagem que podem ocorrer em um ambiente fabril, tornando-se assim um guia para planejamento com o qual é possível analisar as possíveis falhas do processo a fim de que sejam tomadas ações corretivas necessárias.

4.5.1 Projeto

O projeto é composto pelas especificações da Engenharia de Produto, no qual são definidas as especificações estruturais e técnicas da soldagem, dimensionando e posicionando os cordões de solda.

O desenho deve conter os dados necessários ao entendimento dos requisitos do projeto para tomada de decisão do processo, além de ser aprovado por responsável pelo projeto em entrega formalizada e homologada, pois cada empresa usuária da plataforma poderá conter diferentes padrões de projeto, porém igualmente devem ser compreensíveis para a tomada de decisão e leitura de características que possuem potencial de falha e que, necessariamente, merecem maior atenção.

4.5.2 Análise de especificações de soldagem

As especificações de soldagem consistem na informação indispensável para a entrada de dados no sistema e deve ser confiável e analisada por equipe competente na qual o processista seja capaz de tomar as decisões a fim de garantir a qualidade do processo.

As avaliações dos dados primários para o sistema são desencadeadas com o uso de Engenharia Simultânea, aliando engenharia de produto com engenharia de manufatura sendo que o desenvolvimento do produto depende do processo disponível ou necessário no ambiente produtivo, proporcionando agilidade, economia e qualidade ao processo, otimizando tempo para tomada de ações necessárias a fim de garantir o melhor processo produtivo de acordo com a entrada de dados no sistema.

Os pontos relevantes observados são dimensionamento dos cordões de solda, seu posicionamento, acessibilidade de operação, pontos de acabamento, tolerâncias geométricas envolvendo tanto cordão como conjunto soldado (torções, empenamentos, planicidade permissíveis).

Após a conferência destas informações no banco de dados de forma *online* os mesmos devem ser transcritos na planilha de planejamento (pré-plano de solda), de onde seguem para a alimentação do banco de dados do sistema que calcula o meio mais apropriado para atendimento das expectativas.

4.5.3 Simulação virtual

Faz-se a simulação de soldagem com os parâmetros estabelecidos a partir da geração do plano de solda pelo sistema e pode-se, a partir deste, ajustar ou homologar o processo, tendo a minimização de erros e perdas de tempo em tentativas no chão de fábrica.

Caso a empresa não opte por uso de simulação virtual o processo pode ser configurado a partir de experiências do grupo técnico para elaborar a prática do plano de solda inicial gerado pelo sistema, que monta um planejamento tendo como base conjuntos similares ou de mesmo teor de especificações técnicas a fim de aproximar-se ao máximo do processo industrial. As experiências do grupo técnico formarão o banco de dados da plataforma, do qual posteriormente o processista irá selecionar as melhores opções para realização do processo.

Podem ser necessárias variações calculadas do processo de soldagem a fim de verificar se os desvios por parte do soldador podem acarretar problemas ao conjunto soldado, como sequenciamento incorreto, regulagem inadequada, tamanho e dimensão do cordão errados a fim de testar a tolerância do processo ao atendimento das especificações técnicas do projeto.

- *Software*

Os recursos de *software* para análise de processos de soldagem são variados e contam com *softwares* diversos que proporcionam a realidade virtual aproximada dos resultados de diferentes métodos de soldagem, sendo pré-estabelecidos na análise de especificações de soldagem. Além disso, contam com possibilidade de testes em vários processos obtendo o mais aplicável para atender as exigências do projeto. Dentre *softwares* para atendimento e análise de processos de soldagem pode-se citar: *Simufact Welding* (MSC Software Company),

Solvi (Testmat), Soldamatic (Seaberry). Estes *softwares*, de um modo geral, usam o método dos elementos finitos. Esta abordagem é particularmente adequada para o cálculo de comportamento material elástico-plástico com endurecimento, sendo, portanto, bem adequado para a simulação de soldadura estrutural. A simulação de solda estrutural calcula efeitos da entrada de calor do processo de solda a partir de uma descrição matemática de fluxo de calor durante a mesma, ou seja, uma descrição da linha isotérmica de fusão por uma fonte de calor equivalente.

Além de recursos capazes de fornecer avaliação sobre os mais variados processos de soldagem, muitos *softwares* disponibilizam soluções de capacitação para soldadores, que desenvolvem habilidades utilizando de tecnologias que permitem realizar soldagens em telas de computador em um ambiente virtual.

- Coleta de dados para programação automática

Através do uso de determinados *softwares*, é possível coletar informações em tempo real. Informações estas que podem ser traduzidas no formato textual, sinais elétricos ou imagens.

No formato textual, resultam parâmetros que podem ser colocados em arquivos para análise futura, registrando todo o andamento do processo.

Sinais elétricos podem ser interpretados em tempo real. Como resultado tem-se uma ação e estas informações também podem ser traduzidas no formato textual para registro do processo.

Imagens podem ser arquivadas para análise como também podem ser interpretadas em tempo real, como sinais elétricos e a atuação imediata no processo.

Os *softwares* são capazes de fornecer dados precisos e de forma textual capaz de ser interpretada e recolhida para fins de utilização em outros *softwares* com o intuito de parametrizar o sistema de programação, servindo coordenadas e sinais utilizados no processo de controle dos equipamentos envolvidos.

As imagens geradas pelas câmeras termográficas serão usadas como padrão de soldagem dimensional, sendo transpostas com as imagens da solda do processo produtivo, servindo ao objetivo de mensurar tanto o calor gerado quanto a medida do cordão de solda através do gradiente de temperatura demonstrado, passível de determinação através de um *software* de interpretação gráfica dos dados. As diferenças entre as imagens tomadas como padrão do processo comparadas às imagens instantâneas do processo fornecem a variação dimensional a ser analisada.

4.5.4 Base de dados

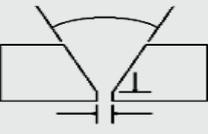
A base de dados para a estruturação do plano de solda consiste em um planejamento como do exemplo abaixo, (Figura 8), criado através da experiência dos envolvidos em conjuntos soldados similares, tipos de soldagem, especificações solicitadas em outros projetos, materiais envolvidos ou inclusive utilizando os operadores de solda como referência a fim de otimizar o processo e aproximar-se mais possível a conformidade solicitada pelo produto.

Esta base de dados, que se baseia em informações de experiência de colaboradores, bem como dados padrões da empresa, tem como finalidade a segurança das informações que serão repassadas ao sistema e avaliadas no ensaio prático. O mesmo segue a premissa de análise, correções (conforme necessidade) e, por fim, aprovação.

A base de dados de solda antecede o plano de soldagem final que é gerado pelo próprio *software*. O soldador não vai ter acesso a esta parte, somente a equipe técnica. O soldador terá acesso ao plano de solda completo e finalizado.

Toda base de dados referente a recursos (qualificação, calibração da máquina, gabarito de solda, desenhos e especificações, conformidade das peças, ferramentas e instrumentos) é cadastrada e armazenada na palataforma, sendo utilizada no momento de realização dos planejamentos similares.

Figura 8 – Exemplo Base de Dados para o Plano de Soldagem

Base de dados do plano de soldagem				
Empresa		Título do projeto		
Código do desenho		Data		
Responsável		Desenho do conjunto		
				
Especificações vinculadas				
Pontos	Características Críticas	Solução	Evidência	Simbologia
Software de simulação virtual				
Observações gerais				

4.5.5 Criação do plano de solda

A criação do plano de solda tem como base o sistema de CAPP Variante de Farias (2016), o qual se utiliza do banco de dados pré-cadastrado e informações de produtos similares e gera o plano de solda sugerido que pode ser revisado e alterado pela equipe técnica.

O plano de solda parte das informações da base de dados de solda, que deve conter todas as informações para gerar um processo confiável. O mesmo servirá para parametrização, por similaridade, do sistema de controle do processo e deve conter todas as informações necessárias para entrada de dados explicada adiante. O documento pode ser o da empresa, desde que contenha as informações em sua totalidade, principalmente os controles necessários para a garantia de funcionamento do sistema e vistos dos responsáveis.

4.5.6 Reunião da equipe técnica e de apoio

A equipe técnica e de apoio responsável deve ser reunida para analisar criticamente a base de dados disponível para cadastro no sistema a partir da coleta de dados, fazendo o levantamento das necessidades do processo e ajustando o sistema. Não haverá necessidade de reuniões posteriores, pois o sistema aplica os dados de similaridade a outros produtos e, após a entrada das informações da base de dados, sendo que posteriormente a equipe obterá o plano de solda pronto para simulação em *software* e liberação do lote.

Esta equipe deve conter integrantes de todos os setores envolvidos como produção (através da liderança), qualidade (inspetores e/ou analistas), processos (engenharia de manufatura ou métodos & processos), produto (engenharia de produto) e segurança do trabalho (técnicos) a fim de garantir pontos de vista diversos de acordo com cada necessidade e reduzir ao máximo os transtornos causados por unilateralidade de interesses.

4.5.7 Análise de recursos

A análise de recursos é parte fundamental da definição da soldagem, pois são determinados cada necessidade do processo com o objetivo de prevenir todos erros e não conformidades, analisando estrutura e custos envolvidos de acordo com o interesse da empresa ou exigência do cliente.

São analisados os recursos após a definição da base de dados do plano de solda pela equipe envolvida, sendo este o critério para a definição do sistema e dos recursos que serão utilizados.

- Qualificação do soldador

O soldador deve ter treinamento e avaliação formal aprovada para garantir pontos requisitados no projeto e plano de solda, interpretar os dados e ser apto a preparar os recursos de sua responsabilidade. Também um ponto muito importante é a qualificação metalúrgica da sua solda, em requisitos de penetração, falhas, acabamento, atendimento as normas de segurança e ergonomia, além de características disciplinares e comportamentais adequadas ao trabalho.

A qualificação abrange, conforme Treal (2019) com base na *American Society of Mechanical Engineers* (ASME): Ensaio de dobramento, Ensaio de tração, Ensaio de impacto (ou outro ensaio para determinação de tenacidade), Ensaio de dureza, Macrografia, Ensaio não destrutivos (por exemplo, radiografia) e Testes de corrosão devidamente registrados na base de dados do sistema.

A qualificação e testes do soldador são registrados em nome do funcionário, após apresentação de certificado de órgão competente, e arquivados em ficha especial para tal finalidade, onde também ficam armazenados os certificados do mesmo referente a cada uma das qualificações por ele obtidas, e de onde são gerados os códigos usados para identificação do sistema.

Os dados de cada soldador, bem como suas qualificações, devem ser cadastrados na primeira alimentação do sistema, e vinculados com cada certificado de qualificação obtido pelo mesmo.

O soldador usa seu crachá de identificação contendo código de barras de identificação e registro de qualificação que alimentam os leitores do sistema para liberar o processo de fabricação posteriormente.

- Calibração da máquina

O aparelho de solda é parte importante do processo, pois deve garantir a aplicação de parâmetros regulares e confiáveis, sem variações que permitam irregularidade no cordão de

solda. O aparelho deve ser calibrado e manter seu registro e plano de calibração atualizados e arquivados para auditoria durante o processo pelos envolvidos. Dentre as informações que este registro deve conter, destacam-se: tipo de corrente, polaridade, corrente, tensão, posição de soldagem, progressão da soldagem, entre outras, que já estarão presentes no plano de solda habilitando, desta forma, o aparelho de solda para a sua aplicação específica.

Além do plano de calibração padrão que deve ser atualizado e arquivado, o relatório final do plano de soldagem terá dados de calibração vinculados com cada tipo de atividade presente no plano de solda de cada projeto, onde as mesmas serão automaticamente calculadas pelo sistema e definidas em relatório.

O equipamento deve conter código de barras com a identificação e qualificação conforme leitor do sistema.

A calibração deve ser evidenciada a partir de emissão de certificado de organismo certificador credenciado. Este certificado deve ser arquivado para rastreamento e pesquisas futuras.

- Gabarito de solda

O gabarito de solda é um recurso necessário para a otimização e garantia da estabilidade dimensional do conjunto soldado, além de promover melhor ergonomia e segurança ao processo. Para tanto o gabarito deve ser homologado e aprovado quanto a critérios dimensionais em relação ao produto que será utilizado, e de aplicabilidade ao usuário, e também ser identificado com código de barras contendo os dados de identificação e qualificação necessários ao sistema.

Pode ocorrer de não ser usado nenhum tipo de gabarito de solda, devido a características do conjunto soldado ou por se tratar de estruturas capazes de garantir a conformidade dimensional necessária conforme o projeto e suas especificações técnicas. Neste caso o conjunto soldado deve conter os recursos necessários do sistema de controle integrados diretamente nas peças dos componentes com a mesma finalidade de um gabarito, podendo ser necessárias travas ou outros mecanismos que assegurem a estabilidade dimensional e metalúrgica de engenharia, e estes devem ser mencionados e ajustados no plano de solda.

O desenho ou documento contendo as especificações do gabarito de solda ficam disponíveis junto ao sistema após *upload* do mesmo junto a cada projeto no plano de solda.

- Desenhos e especificações

Os desenhos e especificações definidos pela engenharia de produto devem seguir o processo produtivo em todo seu percurso, contendo informações que devem ser averiguadas e auditadas pelos envolvidos em cada fase conforme a necessidade. Também deles são retiradas informações para parametrização do sistema e estudo de aplicação dos controles necessários para cada característica.

O desenho deve ser aprovado por responsáveis pela análise estrutural e dimensional de todas as características técnicas necessárias além das tolerâncias envolvidas de acordo com o plano de solda.

- Conformidade das peças

As peças individuais são importantes para o processo de soldagem pois a partir das posições regulares de seus componentes o conjunto soldado tem estabilidade dimensional e estrutural.

Para que o processo funcione corretamente as peças devem ser todas consideradas aprovadas em conformidade com os requisitos do projeto e, caso necessário devido a não conformidades, devem ser retrabalhadas ou descartadas.

As peças devem possibilitar o perfeito encaixe nos localizadores do gabarito de solda ou diretamente no conjunto soldado, sem necessidade de ajustes durante este processo.

Para efeitos de eficiência no processo produtivo as peças devem ser dispostas em embalagens corretamente identificadas e ergonomicamente alocadas.

- Ferramentas e instrumentos de medição

Para o processo de soldagem todas as ferramentas e instrumentos de medição devem estar à disposição do soldador devidamente identificadas, dispostas e em perfeitas condições de uso em bancadas apropriadas e bem identificadas para a realização das atividades necessárias.

Quanto aos instrumentos de medição os mesmos devem estar devidamente calibrados mantendo seu registro de calibração arquivados em local adequado para auditoria periódica,

além de estarem armazenados em local apropriado e devidamente identificados para que o manuseio dos mesmos seja fácil e seguro em todos os casos de utilização.

4.5.8 Preparação do processo conforme a plataforma

Tratando-se de um sistema informatizado, todas as variáveis de entrada listadas a seguir devem estar devidamente analisadas pela equipe técnica, que necessitará avaliar a necessidade de uso de cada recurso, evitando desperdícios de tempo e custos do processo produtivo.

Os dados são digitados no painel de controle do sistema de acordo com a base de dados gerais levantados pela equipe, sendo necessários trabalhos de montagem de componentes do sistema ao longo do gabarito, conjunto soldado e ambiente fabril para coleta de dados e monitoramento da produção. Ao final da montagem e preparação o processo é testado, devendo ser liberado e aprovado tornando-o útil ao seu objetivo de controle do processo de soldagem.

- Programação da máquina de solda

O aparelho de solda possui regulagens necessárias para a integridade metalúrgica e dimensional da soldagem, e precisa estar devidamente calibrado a fim de garantir os ajustes corretos destes parâmetros.

Os dados de entrada, de acordo com o plano de solda, a Tensão, Corrente, Velocidade do Arame, Bicos e Bitola/Tipo de Arames adequados são ajustados e testados em corpo de testes a fim de evitar o início da soldagem sem nenhum teste realizado diretamente no conjunto soldado e não garantir a conformidade deste primeiro produto.

Também na tocha de solda é necessário fazer a montagem do leitor de códigos de barra que será utilizado para o processo nas leituras de informações. Este leitor conta com tecnologia necessária para garantir a qualidade de uso em ambiente agressivo em eletromagnetismo, pó, fumaça, temperatura e fagulhas quentes e abrasivas.

O sistema eletrônico do próprio aparelho de solda libera dados e é monitorado pelo sistema montado, onde paradas programadas, mudanças de ajustes ou outras ações são tomadas de acordo com a conformidade do processo, onde havendo divergência nas informações cadastradas inicialmente de acordo com o plano de solda estabelecido,

interrompe a atividade através do desligamento da máquina, para que ajustes sejam realizados para o prosseguimento e nova liberação da atividade de solda.

Após testes físicos, a programação do aparelho de solda é travada pelo operador com o uso de seu crachá de identificação lido através do leitor de códigos de barras da tocha, mantendo assim a integridade do sistema após liberado.

- Qualificação do soldador

A qualificação do soldador é verificada no momento do travamento da programação do aparelho de solda, e somente é liberada caso o mesmo atinja a necessidade mínima registrada no sistema. A verificação é feita através da rede de informática da empresa interligada com o setor de controle de treinamentos buscando os dados da ficha individual de qualificação e cruzando com as informações lançadas pelo sistema no banco de dados.

- Controle de tempo de retirada do conjunto soldado do gabarito

A retirada dos conjuntos após a soldagem do gabarito deve ser controlada, devido a necessidade de estabilização de temperatura e tensões resultantes do processo.

O tempo é programado no sistema de acordo com o plano de solda, que foi previamente testado, usa grampos pneumáticos ou hidráulicos automatizados, com temporizador controlado pelas imagens termográficas geradas, observando a análise do *software*, e também com o controle de distorção que deve estar estável para liberar a abertura dos grampos e possibilitar a retirada do conjunto sem problemas de torção, empenamento e desvios dimensionais.

Usa-se a imagem termográfica para evitar a oscilação de temperaturas provenientes tanto do processo, como do material, ambiente ou carga de solda.

- Geração de indicadores

Os indicadores são gerados com a finalidade de proporcionar informações de gestão produtiva e técnica para tomada de decisões referentes a melhorias ou otimização de processo e custos.

São monitorados todos os pontos de controle do sistema e listados em planilha demonstrativa os itens abaixo:

- Programação utilizada no aparelho de solda;
- Soldador responsável e sua qualificação;
- Atendimento ao sequenciamento de solda, incluído erros de processo;
- Medições do controle de distorção, como medições efetuadas pelo sistema laser, medições dos *strain gages* e células de carga;
- Medições e variações de dimensão de solda conforme imagens termográficas e suas interpretações;
- Chamadas de apoio efetuadas e tempos de atendimento ao soldador;
- Tempos de espera para retirada do gabarito;
- Fechamento do ciclo completo da soldagem, de abertura de grampos até a próxima abertura.

Os relatórios devem ser arquivados para efeitos de rastreabilidade conforme Sistema da Qualidade implantado na empresa.

4.5.9 Teste do planejamento

Com o objetivo de averiguar o resultado de todo o planejamento o mesmo é testado durante o primeiro ciclo de produção do lote, sendo avaliadas as medições através dos indicadores dos relatórios, reunião rápida com equipe envolvida e verificação da eficácia dos recursos utilizados.

- Validação

O ensaio prático tem o objetivo de testar o plano de solda, colocando-se a prova os parâmetros iniciais de regulação de aparelhos, posicionamento e dimensões dos cordões de solda, sequenciamento dos cordões, tempos e movimentos.

A solda é realizada pelo operador qualificado acompanhado com setor técnico a fim de garantir o atendimento em todos os aspectos do plano de solda, observando do início até o final do processo, incluindo a retirada da peça do gabarito ou travas de sustentação a fim de verificar-se o tempo necessário de resfriamento do material a ponto de evitar distorções indesejadas.

A regulagem do aparelho de solda, bitola do arame, posição, sequenciamento e dimensão devem ser aprovadas pelo técnico que acompanha o processo e registrada a fim de se obter o máximo de acuracidade possível.

Podem ser necessárias variações calculadas do processo de soldagem a fim de verificar se os desvios por parte do soldador podem acarretar problemas ao conjunto soldado, como sequenciamento incorreto, regulagem inadequada, tamanho e dimensão do cordão errados a fim de testar a tolerância do processo ao atendimento das especificações técnicas do projeto.

- Verificação do ensaio

A verificação do ensaio consiste em realizar as medições específicas no projeto, observando-se as características levantadas como uma auditoria, por inspetor qualificado e neutro do setor tendo, portanto, a imparcialidade necessária para julgar o processo. Compara-se cada fase do processo executado com as especificações do projeto.

Com o intuito de sanar principalmente o problema de distorção do conjunto soldado, esta característica deve ser adequadamente apurada, sendo necessária instrumentação coerente com necessidade, e com os meios necessários para movimentação e apoio a fim de evitar problemas tanto em ergonomia como o próprio conjunto soldado que pode sofrer perda de especificação dimensional devido a choques ou içamentos em pontos inadequados.

Após a medição completa e o preenchimento do relatório de medição da empresa, o documento, que deve ser gerado pelo *software* deve ser assinado pelo responsável da qualidade, responsável do processo e soldador da área, como forma de validar o documento e torná-lo padrão para conferência futura.

Devem ser também monitoradas e medidas as peças com desvios calculados do processo a fim de obter informações sobre a tolerância utilizada no atendimento ao projeto do conjunto. Estas medidas devem ser anotadas no próprio plano de solda, de forma manual, e em seguida, atualizadas no plano de solda do sistema para geração de novo relatório para nova verificação de ensaio.

4.5.10 Aprovação do teste

A aprovação do processo ocorre quando os analisadores dos testes validam o plano através da medição pelo setor de Controle da Qualidade do primeiro conjunto soldado, não

isentando a necessidade de acompanhamento do lote piloto para averiguar a estabilidade e repetibilidade dos resultados.

- Ajuste do plano

Caso ocorra alguma necessidade de ajustes do plano por proveniência de não conformidade detectada, deve-se executá-lo e reavaliá-lo seguindo o fluxograma completo por mais uma unidade de produto até a constatação de conformidade com o projeto.

4.5.11 Liberação do lote

Após completar os ajustes necessários o lote de produção é liberado, seguindo deste ponto adiante conforme planejamento da empresa em seu sistema de auditoria de processo, tendo envolvimento direto da equipe técnica durante os primeiros lotes sempre buscando estabilidade e garantindo os recursos necessários conforme planejado.

4.5.12 Aprovação do plano

A aprovação do Plano se dá através de documento de homologação assinado por toda a equipe técnica envolvida, liderança e gestão da produção.

O documento deve ser mantido arquivado para controle e verificação em auditorias de processo e Sistema da Qualidade da empresa usuária.

5 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DA PLATAFORMA DE PLANEJAMENTO DE PROCESSO

A seguir é apresentado o desenvolvimento do modelo de planejamento e controle do processo de soldagem manual, conforme definições do estudo.

Atentando para as premissas estabelecidas no desenvolvimento do projeto, às necessidades e demandas impostas pelo mercado, envolvendo a Indústria 4.0, optou-se pela utilização e desenvolvimento de uma plataforma em *Cloud Computing* que atenda aos requisitos do estudo e favoreça a mobilidade e integridade das informações em circulação.

O estudo e desenvolvimento da plataforma foi baseado na necessidade da indústria metalmeccânica de controlar seu desenvolvimento de processos produtivos, especificamente neste caso a soldagem, por se tratar de um processo complexo sujeito a várias variáveis humanas e técnicas, e sujeita a grande necessidade de tempo para planejamento, desenvolvimento de recursos e testes experimentais. Além disto, ainda são necessários controles de documentos de homologação e históricos de processos para posteriores pesquisas e aproveitamento do aprendizado com o objetivo de aumentar a assertividade de novos desenvolvimentos.

O *software* foi planejado e desenvolvido seguindo as premissas destas necessidades industriais atendendo a inovação tecnológica imposta pela indústria, que faz a interação entre os processos acontecerem de forma automatizada e controlada, diminuindo os erros aplicando tecnologias capazes de auto gerenciarem ou minimizarem as rotinas profissionais.

A plataforma foi criada usando programação informatizada em ambiente virtual da WEB, onde o usuário teria acesso controlado por meio de licença de uso, já que o mesmo pode ser comercializado.

Foram planejadas as etapas de estruturação da plataforma seguindo um planejamento de desenvolvimento de processo atualizado, que envolve fatores humanos, como qualificações, emissão de documentos e envolvimento de equipes técnicas, e também fatores técnicos como recursos disponíveis em tecnologias e ferramentas a serem empregadas em projetos, desenvolvimentos e testes de processos de soldagem, como gabaritos de solda, instrumentos metrológicos, meios eletrônicos de controle e indicadores gerenciais.

O *software* é modulado, podendo incorporar dados de entrada constantemente e estes serem aproveitados em processos futuros a serem desenvolvidos, além de possibilitar a modificação de elementos de acordo com a necessidade após testes práticos, mantendo histórico controlado como meio de aprendizagem constante. Portanto conforme forem aprovados novos meios tecnológicos como tipos de sensores, mecanismos de controle,

gabaritos de solda, instrumentos de medição, qualificações, etc., estas são cadastradas na base de dados, além de novos funcionários envolvidos na soldagem e equipe técnica.

Espera-se em fase experimental criar o relatório final de Planejamento do Processo de Soldagem, fazendo a entrada de dados de projeto (desenhos e especificações técnicas), gerar um pré-plano de solda (sem base inicial no primeiro uso por falta de histórico anterior, porém com base para processos novos). A partir deste pré plano seria possível analisar e planejar parâmetros de soldagem coletando manualmente dados a partir de experiências anteriores ou a partir de simulação em *software* especializado, então sendo possível ajustar um plano de solda a ser estruturado e testado ao final do projeto.

A preparação do sistema é efetuada levando em conta aspectos técnicos verificados na pratica, desde programação de máquina de solda (parametrização conforme plano de solda), definição de qualificação de soldagem necessária, características de sequenciamento de soldagem evitando torções, controle de distorção, dimensões de solda e tempo para retirada de travas do gabarito, com uso de tecnologias eletrônicas de controle (que foram pesquisadas, cadastradas e utilizadas de acordo com a necessidade levantada no planejamento). Todos estes pontos têm necessidade de liberação posterior a sua implantação, gerando controle e assertividade maiores ao processo de desenvolvimento.

A fase final de aplicação do método consiste em testar o sistema planejado na plataforma, com teste pratico do processo, onde se espera a comprovação da aplicação das técnicas de controle projetadas, porém caso necessário e em razão de não aprovação de parte ou totalidade do plano a plataforma conta com possibilidade de edição para reestudo desde a fase inicial onde podem ser analisadas as falhas e redefinir outras possíveis soluções de acordo com pesquisas no banco de dados do sistema, ou aplicação de recursos tanto humanos quanto técnicos para sanar as falhas.

Este *software* armazena o histórico de todo o planejamento e este pode ser acessado como forma de aprendizado para posteriores novos projetos.

Após todo planejamento testado o mesmo deve ser aprovado e homologado documentalmente por todos os envolvidos, e arquivado para rastreamento de acordo com o usuário.

O objetivo maior deste estudo é definir o método utilizado no aplicativo de desenvolvimento do processo de soldagem, e as tecnologias citadas são indicações de possíveis definições técnicas baseadas em processos normalmente encontrados na produção, porém podem ser modificadas e incorporadas outras que sejam de melhor aplicação de acordo com o tipo de problema técnico a ser controlado e, portanto, uma continuidade deste estudo, em fase de experimentação, seria de grande valia para comprovar o resultado da aplicação do sistema e alcançar maiores conclusões acerca do benefício aos usuários.

5.1 Plano de acessibilidade

Com o objetivo de controlar os usuários autorizados, foi desenvolvido um controle de acessibilidade com autorizações por nível de responsabilidades, tornando assim o *software* mais interativo e seguro.

A cada etapa de uso, tanto no cadastro de base de dados quanto no planejamento de novo processo, o *software* conta com uma plataforma dividida em autorizações básicas e avançadas, que aumentam a participação de responsáveis por áreas de processos e produção, que com esta interação participam da aprovação de um processo de soldagem.

Estes módulos são controlados por comando específico de Controle de Usuários no menu de comando, onde o gerenciador cadastra e define a acessibilidade aos usuários conforme sua responsabilidade ante ao processo fabril da empresa.

5.2 Estruturação dos comandos da plataforma

Os módulos de controle são divididos em: Base de Dados, Planejamento de Processo, Gerenciamento de Processo e Visualização/Impressão.

No módulo Base de Dados o usuário tem a possibilidade de alimentação limitada no menu BASE DE DADOS apenas, tendo como seu objetivo a preparação e cadastro de informações usadas posteriormente por responsável autorizado a montar o planejamento com o uso destes dados padronizados.

No módulo Planejamento de Processo ocorre uma liberação tanto da plataforma BASE DE DADOS quanto do PLANEJAMENTO DE PROCESSO, onde a autorização se estende a montagem de planos de processos de soldagem que utilizam a base de dados cadastradas. Inclui também a visualização de planos liberados no módulo GERENCIAMENTO/Planos Disponíveis a fim de possibilitar a visualização após a conclusão da fase de planejamento e a disposição para testes em documento impresso em PDF.

Aprovação de Processos compreende o módulo de GERENCIAMENTO onde são disponibilizados os Planos para Teste aos responsáveis diretos para sua execução prática, o que envolve necessariamente setores da produção. Estes são abertos para leitura (somente) e após análise prévia utilizada para planejar sua execução os mesmos são liberados pelo mesmo usuário para a fase Planos para Execução, como forma de controle de status.

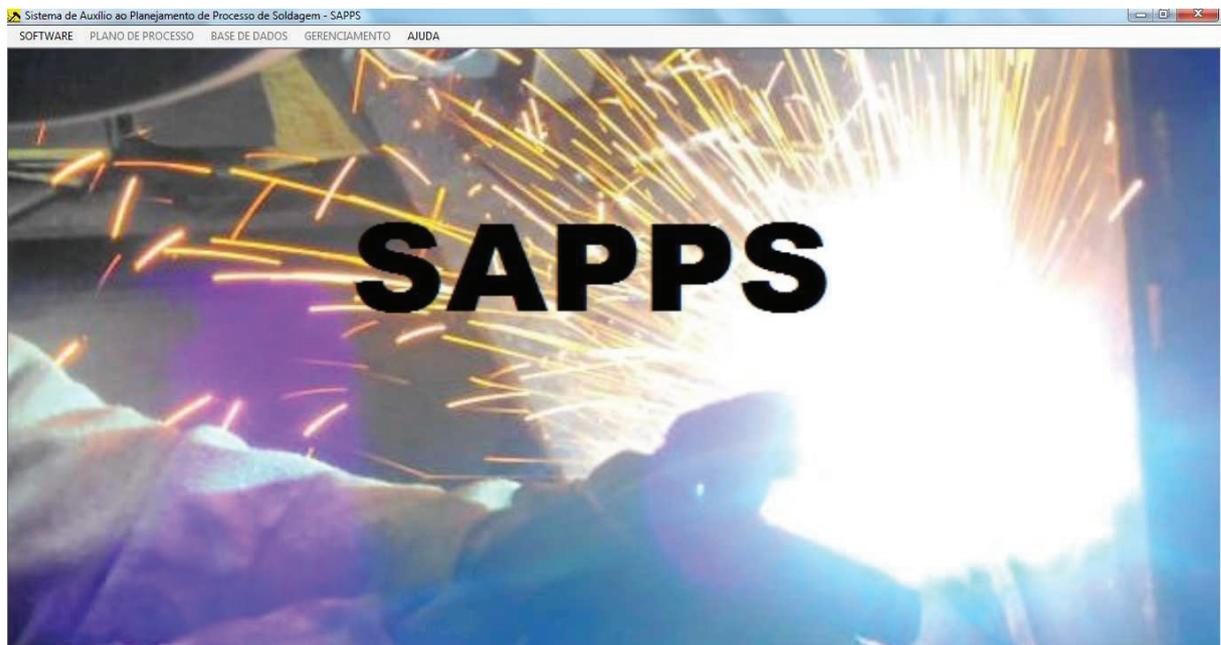
Este plano de solda é executado no ambiente fabril testando todos os parâmetros estudados e padronizados e após esta execução deve novamente acontecer a mudança de

status para Planos Executados pelo responsável pelo teste. Esta etapa consiste em comunicar todos os envolvidos para análise prática do processo e sua homologação posterior em documentos assinados pela equipe de desenvolvimento: Processista e Responsáveis da Produção.

O módulo Visualização/Impressão pode ser acessado por qualquer usuário cadastrado abrangendo especificamente os módulos PLANEJAMENTO DE PROCESSO e GERENCIAMENTO como forma de visualizar e imprimir documentos quando necessário além de possibilitar estudar as fases antecedentes como aprendizado ou sugestão de melhorias.

A Figura 9 mostra a tela inicial de abertura do *software*.

Figura 9 – Tela inicial – Sistema de Planejamento de Processos de Soldagem

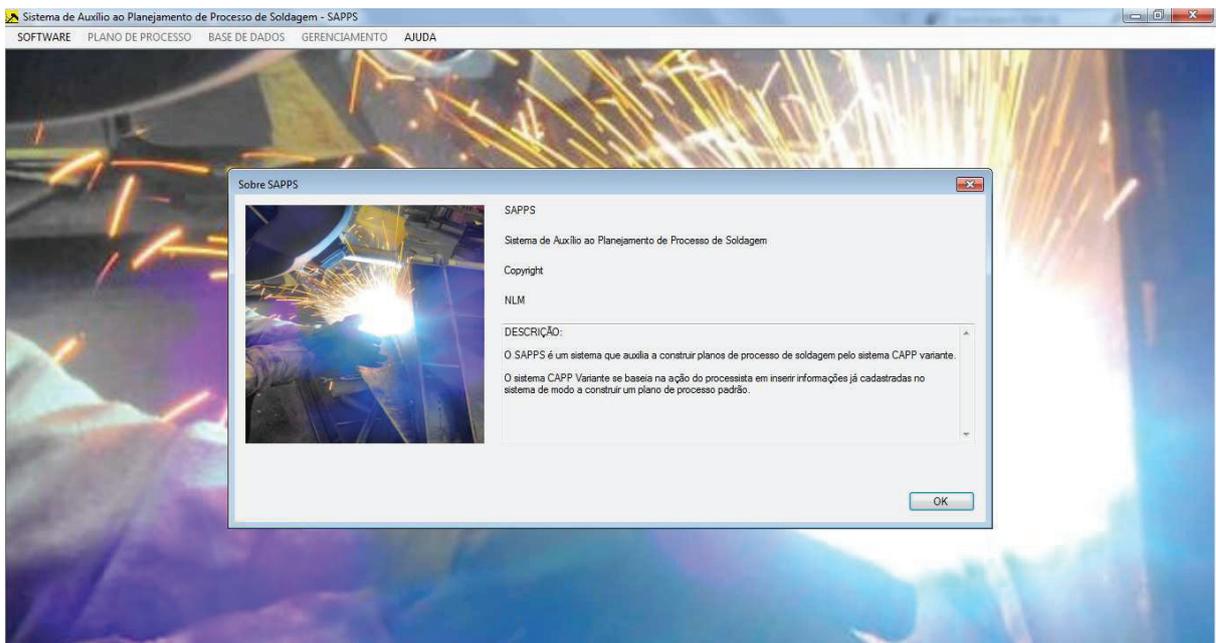


Fonte: Autor (2020)

O Sistema de Planejamento de Processos de Soldagem foi desenvolvido a partir das necessidades levantadas no planejamento do sistema como forma de auxiliar um processista/analista de processo a desenvolver o plano de solda de conjuntos soldados novos ou produzidos em linha na empresa usuária.

A Figura 10 apresenta as informações autorais do *software* e um descritivo de utilização do mesmo.

Figura 10 – Tela com Informações sobre o Sistema



Fonte: Autor (2020)

O *software* tem uma plataforma de comando básica e simples, com lógica sequencial de cadastros, entrada de dados, planejamento e gerenciamento de informações de processos de soldagem. Conta com seis menus de comando explicados a seguir:

5.2.1 Menu *software*

Menu inicial de entrada e saída do sistema, que apresenta os comandos a seguir, como demonstra-se na Figura 11:

Figura 11 – Tela do Menu Software



Fonte: Autor (2020)

São apresentadas as informações do *software* como versão, direitos autorais e demais, também o controle de acessibilidade, cadastro e cancelamento de usuários no sistema, tutorial

de uso do *software*, com instruções e explicações detalhadas dos comandos e por fim o comando de saída.

A Figura 12 mostra o comando AJUDA do *software*, para apoio com informações básicas de utilização do mesmo.

Figura 12 – Tela do Menu Ajuda para Utilização do *Software*



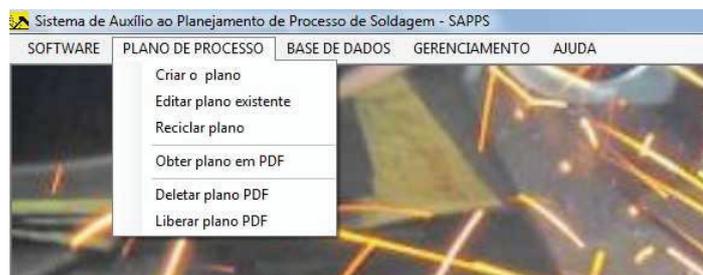
Fonte: Autor (2020)

5.2.2 Menu plano de processo

Trata dos documentos gerais de instrução do soldador e a plataforma total de planejamento, para onde são alocados os dados de entrada das bases de dados e formam um documento único usado pelo processista para ajustar o processo.

Após a finalização dos estudos este forma a instrução de trabalho que segue para o processo produtivo. Seus comandos são demonstrados na Figura 13.

Figura 13 – Tela do Menu Plano de Processo



Fonte: Autor (2020)

São encontrados o comando de criação de novo plano de processo, que apresenta os campos para serem preenchidos pelo usuário de acordo com a necessidade e requisitos de projeto a serem atendidos.

Também um plano de processo completo pode ser ajustado e modificado de acordo com as necessidades dos testes físicos ou nova entrada de parâmetros mais atualizados.

É possível gerar documento no formato PDF, sem possibilidade de modificação de conteúdo, apenas impressão, visualização, uso no processo produtivo e posteriormente para homologação. Este é necessário para evitar modificações editadas capazes de mudar o processo planejado prejudicando o resultado esperado, além de não manter histórico de alterações que são utilizadas para novos estudos de processos similares.

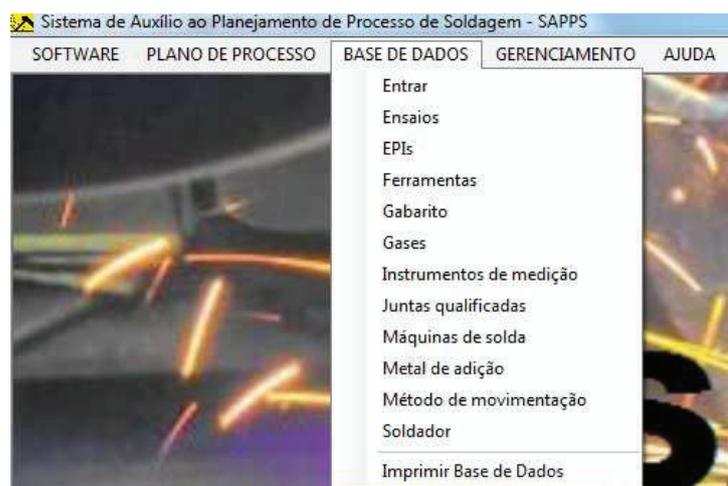
Pode-se também apagar plano PDF já gerado e armazenando no banco de dados para alteração ou mesmo inutilização. Caso seja apagado o arquivo este necessita de nova geração do documento;

Também pode-se fazer a liberação do plano de processo gerado para a fase posterior de testes e ensaios práticos que são armazenados no menu GERENCIAMENTO até sua utilização posterior.

5.2.3 Menu base de dados

Menu que serve de plataforma de alimentação de dados de entrada que posteriormente são inseridos no planejamento do processo. Este é alimentado previamente pelo processista e modificado de acordo com os recursos da empresa usuária como ampliação de capacidades, novas tecnologias, qualificações especiais, recursos gerais de fabricação. Os comandos são apresentados na Figura 14 a seguir.

Figura 14 – Tela do Menu Base de Dados



Fonte: Autor (2020)

Neste tem-se o cadastro de todos os ensaios realizados pela empresa usuária tanto internos quanto externos, que testam a qualidade do processo. Como por exemplo: ensaios de tração, medições, metalografia, Raios-X, ultrassom, etc.

Conta com definição de EPIs – lista de Equipamentos de Proteção Individual que a empresa deve fornecer aos seus colaboradores a fim de garantir a integridade física dos mesmos durante o processo produtivo. Especialmente os equipamentos pertinentes a soldagem devem estar a disposição tanto neste cadastro quanto fisicamente ao soldador.

Outra definição é cadastro geral das ferramentas manuais da empresa, que devem ser utilizadas pelo soldador para seu processo. Como grampos, alicates, martelos, macetes, cunhas, escova de aço, etc.

Também tem-se a base de cadastro de todos os gabaritos de solda da empresa, com base em seu código de registro padronizado. Novos gabaritos precisam ser previamente cadastrados para posterior utilização dos mesmos no planejamento do processo.

Pode-se fazer o registro dos gases consumidos pela empresa, e utilizados de acordo com as características de soldagem exigidas pelo projeto.

Definem-se os equipamentos de medição necessários para o soldador verificar características dimensionais importantes de acordo com o projeto. Exemplos: paquímetro, trenas, esquadros.

São definidas as características técnicas necessárias para cada tipo de cordão de solda, técnicas de soldagem, preparação de junta, qualificação necessária, dados de regulagem de equipamentos e ensaios necessários. Esta necessita de entendimento do processista quanto aos requisitos de projeto a serem atendidos e capacidade técnica quanto a definição destes.

O cadastro de máquinas da empresa também é realizado neste menu, com dados técnicos para seleção automática pelo *software* de acordo com necessidade de atendimento do projeto pelo processo. Na listagem de seleção são demonstrados apenas os equipamentos que atendem os parâmetros necessários de regulagem, e então são escolhidos de acordo com a disponibilidade fabril.

A definição do arame de solda a ser utilizado de acordo com as características técnicas e de produtividade esperadas pelo processo também são determinadas.

Os meios de transporte interno, meio de retirada de peça soldada do gabarito, tipo de ganchos ou forma de fixação de içamento, carros de transporte, são definidos neste menu.

A partir da lista de soldadores cadastrados e de acordo com o nível de qualificação individual, são selecionados automaticamente pelo *software* de acordo com as exigências

planejadas no processo, a partir da definição da JUNTA QUALIFICADA, suas necessidades e disponibilidade fabril.

5.2.4 Menu gerenciamento

Menu onde se realizam as liberações dos planos por gestores responsáveis a dar seguimento ao processo prático após as definições do PLANO DE PROCESSO, são geridas separadamente para proporcionar as formalidades de homologação dos processos estudados. Este menu é apresentado na Figura 15, a seguir:

Figura 15 – Tela do Menu Gerenciamento



Fonte: Autor (2020)

É apresentada a lista de planos já formatados e planejados aguardando liberações posteriores, a relação de planos aguardando os testes práticos que definem a eficiência do processo ante aos requisitos de projeto.

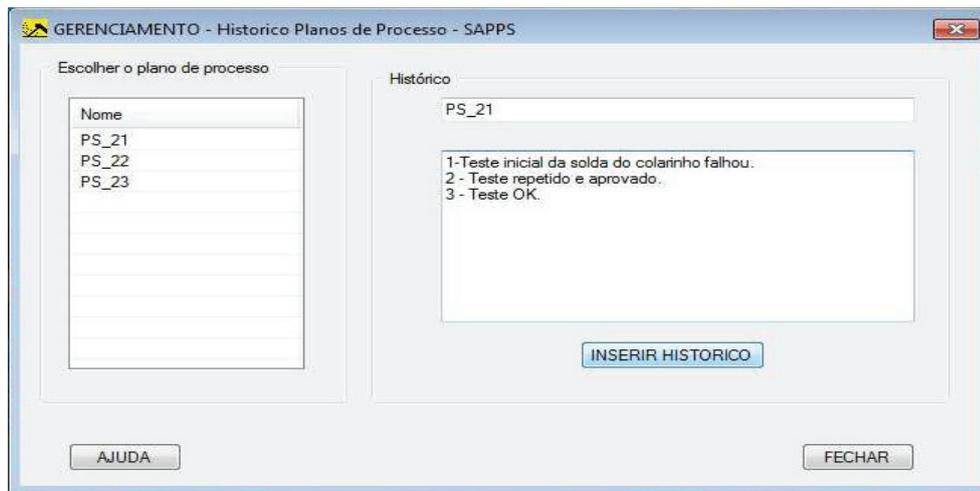
O gestor define o momento para fazer a execução do teste no processo produtivo. O plano fica aguardando o planejamento da produção e é resgatado pelo seu gestor para impressão de toda a documentação necessária após ter toda a estrutura pronta e aguardando conforme PLANO DE PROCESSO.

Após a conclusão dos testes práticos operacionais os planos ficam armazenados para posterior releitura e aprendizado do processo. Deste são retiradas informações importantes tanto para homologação final da documentação, quanto a necessidade de modificação do planejamento no caso de não atendimento de conformidade com o requisito;

Também possui os cadastros de informações que servem para aprendizagem dos testes anteriores.

Na Figura 16, a seguir, apresenta-se o menu de gerenciamento dos processistas registrados e autorizados na utilização do *software*.

Figura 16 – Tela da opção Histórico dos Planos de Processo no Menu Gerenciamento



Fonte: Autor (2020)

São cadastrados os processistas disponíveis na empresa com licença de usuário para acessar o sistema.

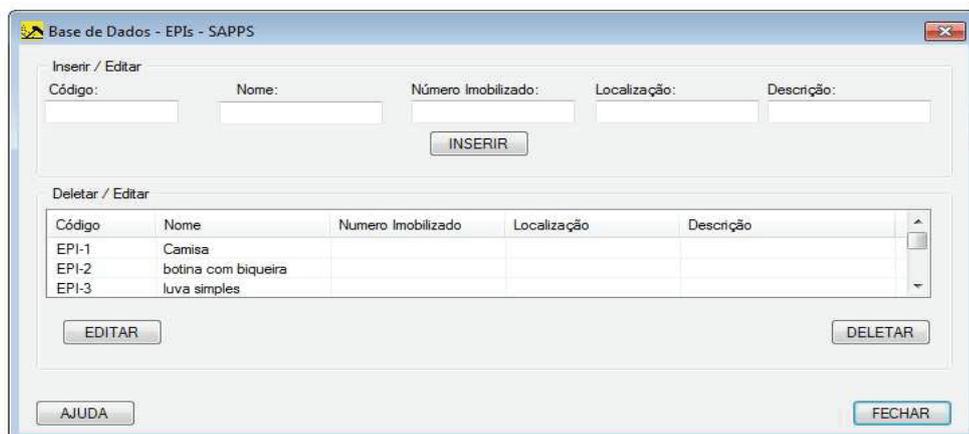
5.3 Base de dados

A seguir serão detalhados os módulos individualmente com as instruções de uso como forma de instrução de utilização do *Software*.

5.3.1 Base de dados de EPIs

Na Figura 17 é apresentado o menu de cadastro dos EPIs utilizados no planejamento do processo de soldagem.

Figura 17 – Tela da Base de Dados sobre EPIs



Fonte: Autor (2020)

Tanto para editar quanto para inserir código de entrada padronizado, segue-se o padrão de definição de EPI-001 – sendo EPI código inicial dos equipamentos de proteção individual e sequência numérica de codificação.

Também se deve cadastrar o tipo de item como luva, avental, óculos, etc. descritivamente e após dar o comando INSERIR para que o mesmo seja listado no módulo.

Para EDITAR ou DELETAR usar os comando após a seleção do item na listagem.

O comando AJUDA serve para orientações básicas de operação do módulo.

5.3.2 Base de dados sobre ferramentas

As ferramentas são definidas e controladas a partir no menu abaixo, demonstrado na Figura 18.

Figura 18 – Tela da Base de Dados sobre Ferramentas

Código	Nome	Número Imobilizado	Localização	Descrição
01	Macete	F-1	A-1	Macete duplo
02	Grampo fixação	F-2	A-1	Grampo duplo
03	Alicate pressão	F-3	A-2	Alicate conv...

Fonte: Autor (2020)

Deve-se cadastrar como exemplo o código FER-001 – sendo FER código inicial das ferramentas e sequência numérica de codificação, cadastrar seu número do imobilizado a partir da lista de imobilizado da empresa, cadastrar o tipo de item como macete, alicate, grampo, etc., descritivamente.

São inseridas as informações de localização a partir de almoxarifado central, usando AA-00 como indicação de local neste, sendo A = prateleira A, A= coluna, 00 = sequência de posição.

Após executar o comando INSERIR para que o mesmo seja listado no módulo.

Para EDITAR ou DELETAR usar o comando após a seleção do item na listagem e AJUDA para orientações básicas de operação do módulo.

5.3.3 Base de dados sobre gabarito

O comando de base de dados sobre os gabaritos a serem utilizados no planejamento do processo são demonstrados na Figura 19 a seguir.

Figura 19 – Tela da Base de Dados sobre Gabarito

Código	Número Imobilizado	Localização	Utilizacao	Descrição	DesenhoGabarito
G-33	D111	A3	Solda	Soldagem da peça...	Gabarito_1.png
G-44	D121	A33	Solda_T	Soldagem do ajust...	Gabarito_1.png

Fonte: Autor (2020)

Deve-se cadastrar, por exemplo, o código GAB-001 – sendo GAB código inicial dos gabaritos e sequência numérica de codificação, cadastrar número do imobilizado – a partir da lista de imobilizado da empresa, inserir a sua localização a partir de almoxarifado central, usando AA-00 como indicação de local neste, sendo A = prateleira A, A= coluna, 00 = sequência de posição. Após deve-se cadastrar sua utilização inserindo o código do conjunto a ser soldado, incluindo similares que usam o mesmo gabarito, quando houver.

Após dar-se-á o comando INSERIR para que o mesmo seja listado no módulo fazendo agora parte integrante dos gabaritos cadastrados.

Para EDITAR ou DELETAR dados usa-se o comando após a seleção do item na listagem, e AJUDA para orientações básicas de operação do módulo.

De acordo com as opções cadastradas na base de dados, seleciona-se o gabarito de solda que atendem as necessidades do processo de soldagem em relação ao projeto do produto.

5.3.4 Base de dados sobre gases

Os gases de solda utilizados no processo são definidos conforme menu apresentado na Figura 20 abaixo:

Figura 20 – Tela da Base de Dados sobre Gases

BASE DADOS - Gases - SAPPs

Inserir / Editar Gás de proteção

Nome gás:

Fabricante:

Mistura:

Ação do gás

Proteção Adicional Purga

INSERIR

Deletar / Inserir Gás de proteção

Nome gás	Fabricante	Mistura	Ação Gás
Flux	Airliquide	Ar+O	Proteção
ArDuo	Praxiar	AR+O 5%	Proteção
ArTri	Pra	O+ar+10%	Adicional

EDITAR

DELETAR

AJUDA

FECHAR

Fonte: Autor (2020)

É selecionado o nome do gás, cadastro do código, por exemplo: GAS-001 – sendo GAS código inicial dos gases utilizados na empresa e sequência numérica de codificação, é definido o tipo de ação pretendida com o mesmo, proteção utilizada normalmente para MIG/MAG, adicional no caso deste fazer parte do desempenho da soldagem, como Oxigênio que proporciona maior velocidade de soldagem, e purga para casos de limpeza do sistema de soldagem, como ar comprimido.

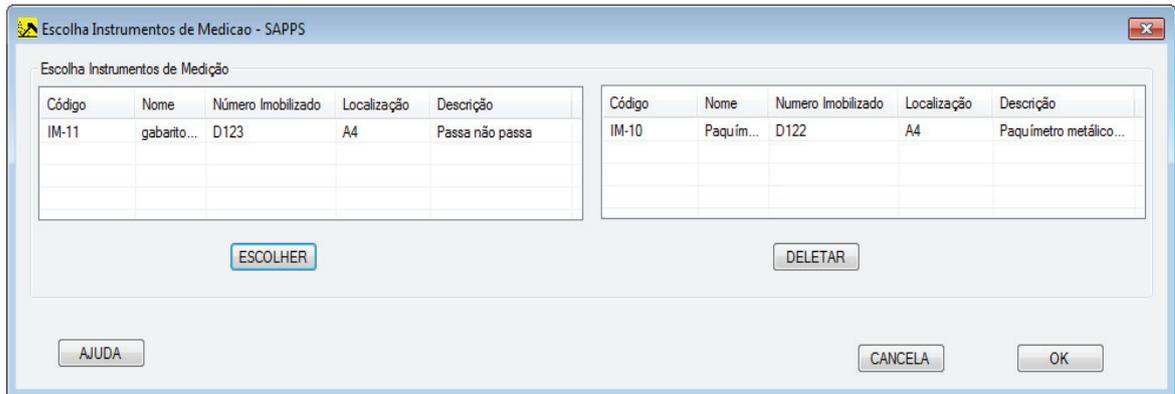
Após dar o comando INSERIR para que o mesmo seja listado no módulo e conclua-se o seu cadastro.

Para EDITAR ou DELETAR usar os comandos após a seleção do item na listagem e AJUDA para orientações básicas de operação do módulo.

5.3.5 Instrumentos de medição

Os instrumentos de medição são definidos conforme demonstrado abaixo na Figura 21.

Figura 21 – Telas para Seleção dos Instrumentos de Medição



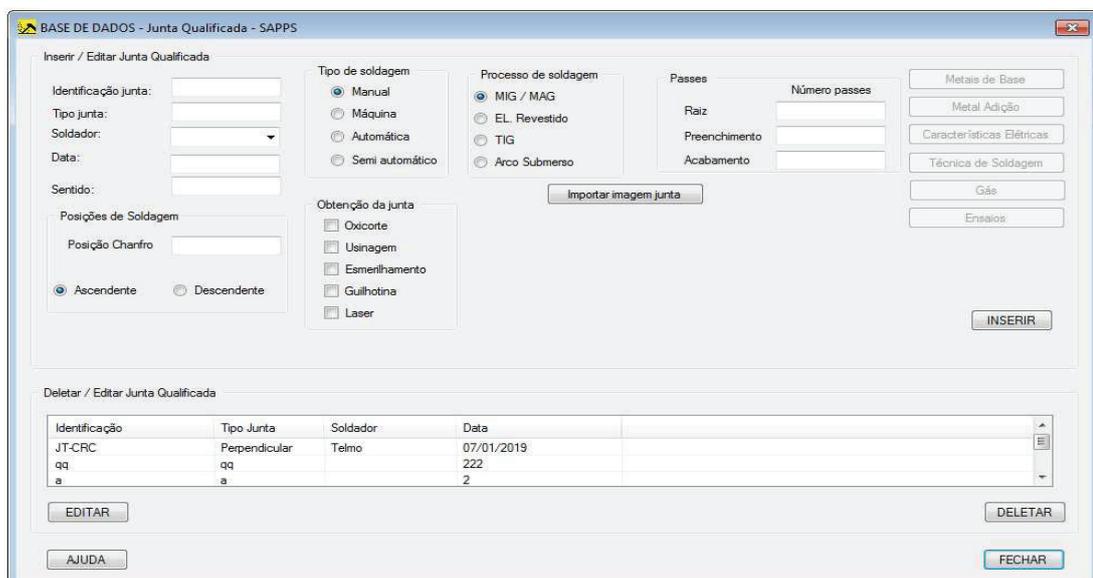
Fonte: Autor (2020)

Os instrumentos são escolhidos na listagem dos mesmos no menu, de onde são vistas informações de localização e identificação, conforme a necessidade.

5.3.6 Base de dados/junta qualificada

As especificações técnicas de cada cordão de solda são definidas no menu a seguir, mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada



Fonte: Autor (2020)

Insere-se o nome do aprovador final que define a tipologia da junta qualificada, sendo que este deve ser responsável pelo planejamento desta fase, também são definidos os procedimentos que serão seguidos a partir das instruções de processo que se encontram padronizadas no sistema da empresa. Sendo PRO-001, PRO = código inicial dos procedimentos e sequência numérica de codificação.

Faz-se a inserção da data da criação e a definição do soldador qualificado para função a partir de listagem com níveis determinados por tipo de junta qualificada, a partir do nome do funcionário cadastrado previamente.

A posição do chanfro é definida a partir do projeto das peças envolvidas, sendo unilateral, bilateral ou sem chanfro.

O sistema também conta com um comando de inserção de desenho ilustrativo do tipo de junta, facilitando o entendimento do mesmo a partir da necessidade de projeto.

Também é definido o tipo de soldagem a partir dos recursos da empresa, sendo Manual = soldador, Automática = com dispositivos tipo carro de solda, Máquina = usando máquinas preparadas, e Semi-automático = casos de combinação de processos manuais com automáticos.

Define-se também a forma de processo para obtenção da junta, a partir de sua preparação como processos de oxicorte, usinagem, esmerilhamento, etc.

Para EDITAR ou DELETAR usam-se os comando após a seleção do item na listagem e AJUDA para orientações básicas de operação do módulo.

5.3.7 Base de dados/junta qualificada/metals de base

Na Figura 23, são apresentados os dados a serem cadastrados na definição dos metais base utilizados nos conjuntos soldados.

Figura 23 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada – Metais de Base



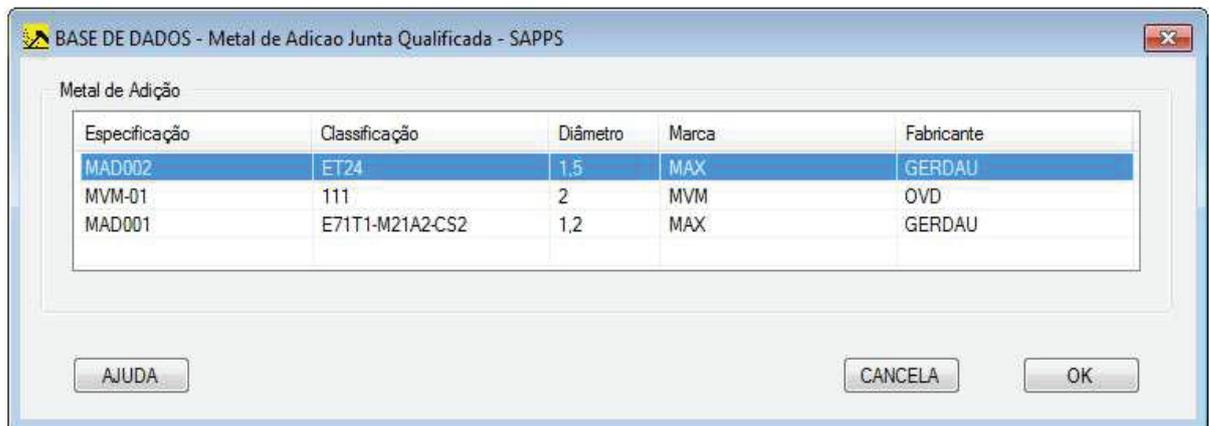
A imagem mostra uma janela de diálogo de software com o título "BASE DE DADOS - Metais de Base - SAPPs". O layout é dividido em duas colunas para "Metal Base A" e "Metal Base B". Cada coluna possui dois campos de texto: "Material" e "Espessura". Na parte inferior da janela, há três botões de ação: "AJUDA", "CANCELA" e "OK".

São cadastrados os materiais envolvidos no processo de soldagem de acordo com o projeto do produto. Usa-se a nomenclatura SAE para identificação como: Aço SAE 1020, 1045, 1070, etc. e espessuras normatizadas em milímetros: 0,91, 1,21, 2,25, 3,17, etc., além de diâmetros que seguem a mesma metodologia.

5.3.8 Base de dados/junta qualificada/metals de adição

Na Figura 24 demonstra-se o menu de cadastro dos metais de adição utilizados no processo de soldagem.

Figura 24 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada – Metais de Adição



Especificação	Classificação	Diâmetro	Marca	Fabricante
MAD002	ET24	1,5	MAX	GERDAU
MVM-01	111	2	MVM	OVD
MAD001	E71T1-M21A2-CS2	1,2	MAX	GERDAU

Fonte: Autor (2020)

A partir do cadastro dos materiais de adição, estes são selecionados e incorporados ao processo.

5.3.9 Base de dados/junta qualificada/características elétricas

Os parâmetros utilizados no processo de soldagem são cadastrados no menu apresentado na Figura 25, a seguir.

Figura 25 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada – Características Elétricas

The image shows a software dialog box titled "BASE DE DADOS - Características Elétricas - SAPPs". It is used for configuring electrical characteristics. The interface includes:

- Características Elétricas**
 - Corrente:** Radio buttons for AC (selected) and DC.
 - Polaridade:** Radio buttons for Positiva (selected) and Negativa.
 - Observações:** A text area for notes.
- Intensidade da corrente (A):** Two input fields for "Corrente Máxima (A)" and "Corrente Mínima (A)".
- Tensão (V):** Two input fields for "Tensão Máxima (V)" and "Tensão Mínima (V)".
- Faixa velocidade alimentação do arame (cm/min):** Two input fields for "Velocidade Máxima (cm/min)" and "Velocidade Mínima (cm/min)".

At the bottom of the dialog are three buttons: "AJUDA", "CANCELA", and "OK".

Fonte: Autor (2020)

Define-se neste menu o tipo de corrente em Alternada e Contínua de acordo com o equipamento utilizado e alocado ao processo, e a polaridade definida de acordo com a rede elétrica da empresa,

Também tem-se campo de observações para pontos importantes a serem observados no planejamento destes parâmetros, a intensidade de corrente e tensão reguladas de acordo com o tipo e espessura do material de base a ser soldado.

Deve-se definir o material de adição correspondente, tem-se o range mínimo e máximo de cada para ser estipulado, considerando a calibração do equipamento de solda e a tolerância da tipologia de soldagem requerida em projeto.

Por fim determina-se a velocidade de alimentação do arame de acordo com a corrente e tensão proporcionalmente.

5.3.10 Base de dados/junta qualificada/gás

Na Figura 26, abaixo, demonstra-se o menu de cadastro do tipo de gás utilizado para posterior seleção.

Figura 26 – Tela da Base de dados Junta Qualificada - Gás

BASE DE DADOS - Gás Junta Qualificada - SAPPS

Gás - Percentual de composição

Proteção Gás Mistura Mistura (L/min)

Fabricante:

Ação do gás

Proteção Adicional Purga

AJUDA CANCELA OK

Fonte: Autor (2020)

Para cadastrar-se o gás segue-se inicialmente seu código exemplo: GAS-001, após indica-se o tipo de mistura (Argônio e Gás Carbônico normalmente), indicando seu percentual de composição iniciando sempre pelo Argônio exemplo: AR + 20% CO₂, após define-se também a vazão em L/min do gás de acordo com o nível de proteção exigido.

5.3.11 Base de dados/junta qualificada/técnica de soldagem

A técnica de soldagem é definida no menu abaixo representado na Figura 27.

Figura 27 – Tela da Base de Dados Junta Qualificada – Técnica de Soldagem

BASE DE DADOS - Técnica de Soldagem - SAPPS

Técnica de Soldagem

Cordão Retilíneo Oscilante

Passe Único Múltiplo

Eletrodos Simples Múltiplo

Velocidade de Soldagem (cm/min)

Velocidade Mínima:

Velocidade Máxima:

AJUDA CANCELA OK

Fonte: Autor (2020)

Define-se o cordão retilíneo quando necessita-se soldagem mais profunda e estreita e oscilante quando necessita-se cordões largos de união.

Já o passe é definido como único para os casos de soldagem de chapas mais finas (até 3/8”) e múltiplo quando em materiais de maior espessura ou uniões de maior necessidade de estabilização estrutural.

O tipo de eletrodo também é fundamentalmente definido como simples (maior parte dos casos) e múltiplo de acordo com soldagem de maior responsabilidade em equipamentos automatizados como arco submerso, utilizado em chapas de grande espessura (maior que 1”);

A velocidade da soldagem é definida em máquinas automatizadas de acordo com a movimentação da tocha de solda em relação ao tipo de cordão (retilíneo e oscilante) e os parâmetros elétricos regulados. Tem-se a tolerância desta velocidade definida entre seu máximo e mínimo. No caso de soldagem manual pode-se recorrer a medição de determinado comprimento de cordão pelo tempo gasto neste e definido em mm/min.

5.3.12 Base de dados/junta qualificada/ensaios

Os tipos de junta qualificada são definidas na base de dados conforme a Figura 28 abaixo:

Figura 28 – Telas da Base de Dados Junta Qualificada - Ensaios

BASE DE DADOS - Junta Qualificada - SAPPs

Inserir / Editar Junta Qualificada

Identificação Junta: 1
 Tipo junta: 1
 Soldador:
 Data: 1
 Sentido:
 Posições de Soldagem
 Posição Chanfro:
 Ascendente Descendente

Tipo de soldagem
 Manual
 Máquina
 Automática
 Semi automático

Processo de soldagem
 MIG / MAG
 EL. Revestido
 TIG
 Arco Submerso

PASSES
 Número passes
 Raiz: 1
 Preenchimento: 1
 Acabamento: 1

Metais de Base
 Metal Adição
 Características Elétricas
 Técnica de Soldagem
 Gás
 Ensaios

Importar imagem junta

7,6
 4,75

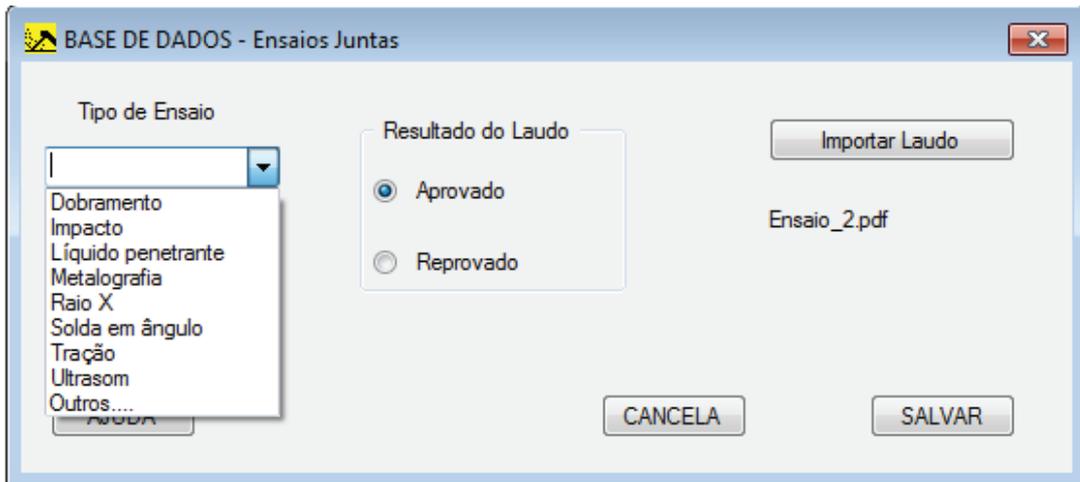
Deletar / Editar Junta Qualificada

Identificação	Tipo Junta	Soldador	Data
JT-CRC	Perpendicular	Telmo	07/01/2019
qq	qq		222
a	a		2

EDITAR DELETAR

Nos tipos de ensaios do menu, conforme apresenta-se na Figura 29: Ensaio de Tração, Impacto, Dobramento e Solda em Ângulo, Líquido Penetrante, Metalografia, Raio X, importam-se os laudos destes, incluindo a opção de Outros Ensaios (neste caso descrever os mesmos), incluindo o nome de seus fornecedores.

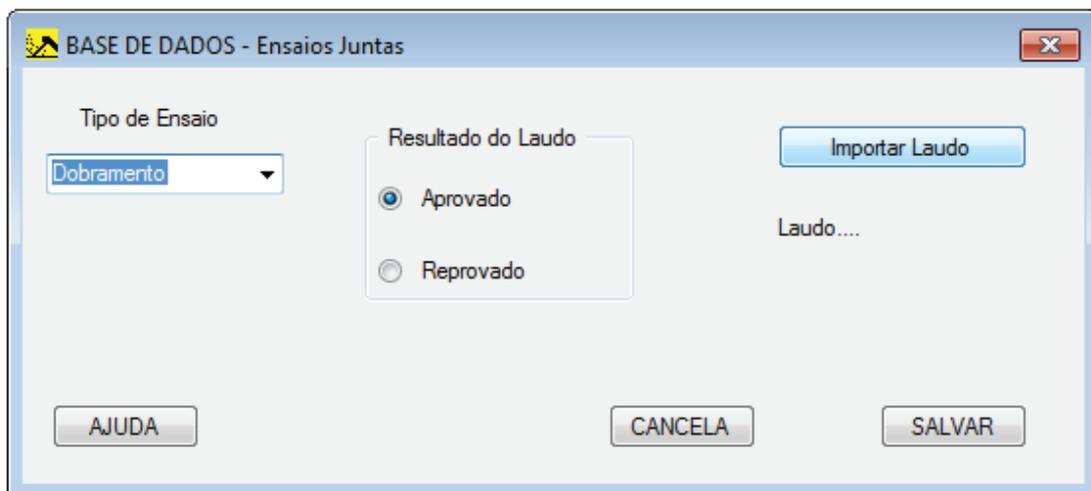
Figura 29 – Telas da Base de Dados Junta Qualificada – Seleção de Ensaios



Fonte: Autor (2020)

Após selecionado o tipo de ensaio, importam-se os laudos, que podem ser visualizados na tela de apoio, conforme Figura 30, a seguir:

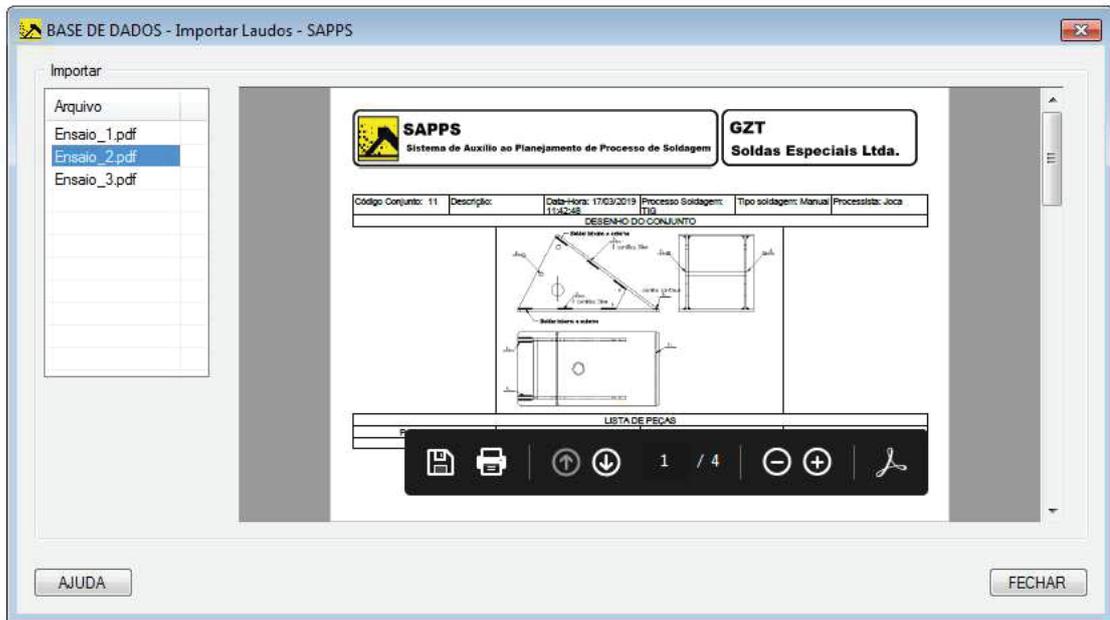
Figura 30 – Tela da Opção Dobramento dos Tipos de Ensaio



Fonte: Autor (2020)

Os laudos são importados e visualizados previamente conforme o menu abaixo na Figura 31.

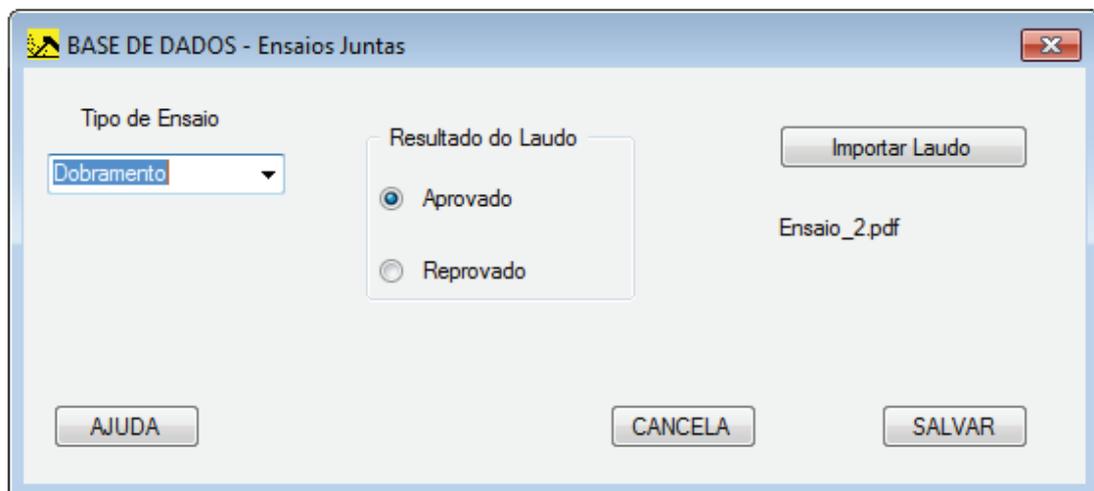
Figura 31 – Tela da Base de Dados – Importar Laudos



Fonte: Autor (2020)

Depois de selecionado o laudo e importado, marca-se a opção de Aprovado ou Reprovado de acordo com os critérios pré-estabelecidos internamente pelo usuário e salva-se o item, conforme Figura 32.

Figura 32 – Tela da Base de Dados – Ensaio Juntas



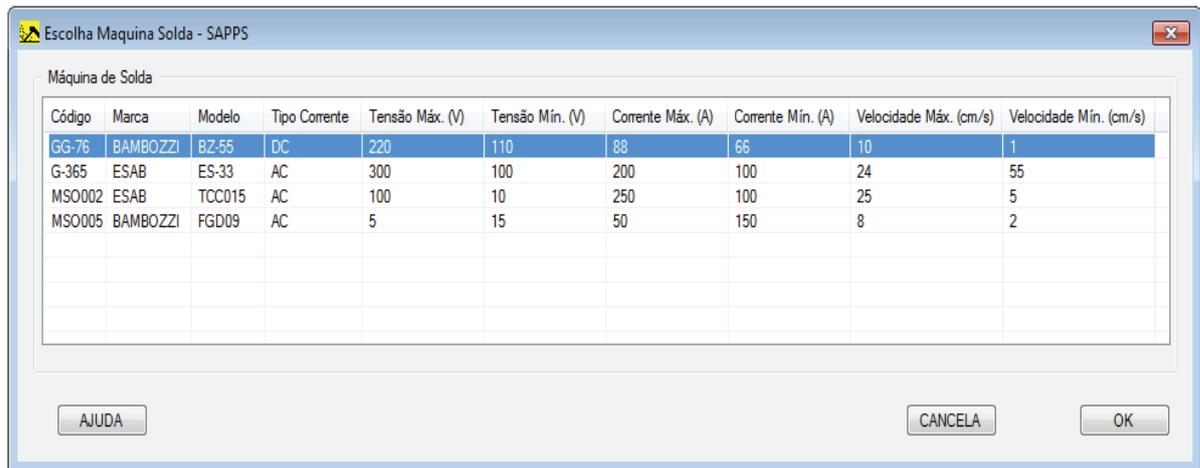
Fonte: Autor (2020)

Desta etapa em diante seguem-se as seleções de outros tipos de ensaio conforme necessidade e salvam-se as novas informações no banco de dados do sistema.

5.3.13 Base de dados/máquinas de solda

Para seleção das máquinas de solda utiliza-se o menu demonstrado na Figura 33, para continuidade do planejamento do processo.

Figura 33 – Tela da Base de Dados – Escolha da Máquina de Solda



Código	Marca	Modelo	Tipo Corrente	Tensão Máx. (V)	Tensão Min. (V)	Corrente Máx. (A)	Corrente Min. (A)	Velocidade Máx. (cm/s)	Velocidade Min. (cm/s)
GG-76	BAMBOZZI	BZ-55	DC	220	110	88	66	10	1
G-365	ESAB	ES-33	AC	300	100	200	100	24	55
MSO002	ESAB	TCC015	AC	100	10	250	100	25	5
MSO005	BAMBOZZI	FGD09	AC	5	15	50	150	8	2

Fonte: Autor (2020)

Segue-se a codificação conforme exemplo: MSO-001, sendo MSO = máquina de solda seguido de numeração sequencial de controle, descreve-se marca e modelo do equipamento, define-se de acordo com características do equipamento a Tensão, Corrente e Velocidade de Arame, mínima e máxima de cada característica, além da corrente Alternada ou Continua de operação do equipamento, após aciona-se o comando INSERIR para o equipamento ser cadastrado e constar na lista de controle, sendo depois de disponibilizado para seleção no planejamento de soldagem;

Também pode-se editar ou excluir cada equipamento e fazer alterações necessárias.

5.3.14 Plano de processo/novo/escolha de ferramentas

De acordo com as opções cadastradas na base de dados, selecionam-se as ferramentas que atendem as necessidades do processo de soldagem seguindo a tela do menu mostrada na Figura 34.

Figura 34 – Tela para Escolha de Ferramentas

Código	Nome	Numero Imobilizado	Localização	Descrição
01	Macete	F-1	A-1	Macete duplo
02	Grampo...	F-2	A-1	Grampo duplo

Código	Nome	Numero Imobilizado	Localização	Descrição
01	Macete	F-1	A-1	Macete duplo
03	Alicate ...	F-3	A-2	Alicate convencional

Fonte: Autor (2020)

5.3.15 Base de dados/soldador

A Figura 35, a seguir, demonstra que o sistema conta com uma base de identificação geral e qualificação de cada soldador da empresa, sendo fonte para escolha na geração do plano de processo.

Figura 35 – Tela da Base de Dados – Escolha do Soldador

Inserir / Editar Item

Nome: Matrícula: Especialidade: Observações:

Classificação:

INSERIR

Deletar / Editar Item

Nome	Matrícula	Especialidade	Outros	Classificação
Jose de alunha	GZT-22	Soldador MIG	experiente ao maximo	NIVEL_1
GERSON	GZT-12	SOLDA MIG/MAG	Experiente	NIVEL_1
LUIS	GZT-44	SOLDA ELÉTRICA	experiente	NIVEL_2

EDITAR

DELETAR

AJUDA

FECHAR

Fonte: Autor (2020)

5.3.16 Base de dados/método de movimentação

Neste são selecionados os meios, previamente cadastrados, utilizados para movimentação de peças durante o processo, retirada destas de gabaritos ou alocação em embalagens de transporte. Estes comandos são apresentados na Figura 36, a seguir.

Figura 36 – Tela da Base de Dados – Método de Movimentação

Código	Descrição
MM-01	TALHA
MM-02	DISPOSITIVO DE IÇAMENTO

Fonte: Autor (2020)

5.4 Relatório final do software

Após a compilação dos dados acima, em cada menu do *software*, o analista faz a geração do PLANO DE PROCESSO DE SOLDAGEM demonstrado na Figura 37, a seguir, a ser impresso, testado, aprovado e homologado pelos envolvidos.

Serão explicadas as informações apresentadas neste, e após será modelado o *software* com o exemplo estudado neste trabalho.

Neste plano são demonstradas as informações relevantes ao funcionário que efetuará a soldagem, desde detalhes técnicos do produto, peças envolvidas no conjunto soldado, localização e detalhamento de cordões de soldagem, parâmetros de regulagem de aparelhos, método de controle da qualidade além de formalização de homologação pelos responsáveis.

De posse deste documento o processista faz a aplicação do mesmo no ambiente fabril junto ao soldador, acompanha o processo para verificação da eficácia dos dados registrados e após faz a aprovação deste, arquivando o processo.

Em caso de alguma não conformidade evidenciada, deve-se retornar ao ponto relativo do processo e fazer as modificações necessárias para correção, ficando o processo anterior arquivado como histórico de aprendizagem do desenvolvimento.

A Figura 37, a seguir, apresenta o relatório final gerado pelo sistema, de onde são retiradas as informações importantes do processo, desde sua fase de preparação até a homologação do planejamento do processo.

Figura 37 – Relatório do Plano de Processo de Soldagem

SAPPS		GZT			
Sistema de Auxílio ao Planejamento de Processo de Soldagem		Soldas Especiais Ltda.			
PLANO DE PROCESSO DE SOLDAGEM --- PPS-01					
Código Conjunto: CRC	Descrição: Soldagem de calço de roda CRC.	Data-Hora: 09/09/2019 09:58:42	Processo Soldagem: TIG		
		Tipo soldagem: Manual	Processista: Joca		
DESENHO DO CONJUNTO					
LISTA DE PEÇAS					
Peça	Código	Quantidade	Material	Espessura	
1		2	SAE 1020	4,7625	
2		1	SAE 1020-piso	4,7625	
3		1	SAE 1020-piso	4,7625	
4		1	SAE 1020	7,9375	
PEÇAS DO CONJUNTO					
DETALHAMENTO DAS JUNTAS					
Localização desenho	Par de peças	Tipo junta	Corrente (A)	Tensão (V)	Tipo passe - N°
A1	1 - 2	Perpendicular	10 a 20 A	180 a 200 V	R1 -P0 -A0
A2	1 - 3	Perpendicular	10 a 20 A	180 a 200 V	R1 -P0 -A0
A3	2 - 3	Perpendicular	10 a 20 A	180 a 200 V	R1 -P0 -A0
A4	1 - 4	Perpendicular	10 a 20 A	180 a 200 V	R1 -P0 -A0
DESENHO COM LOCALIZAÇÃO DOS CORDÕES DE SOLDA					
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES					
Especificação arame	qqqq	Classificação arame	111	Diâmetro arame (mm)	2,2
Marca arame	sss	Gás proteção	WM-RCC	Velocidade arame (cm/s)	100,2
Mistura Gás	V-T-X	Limpeza inicial			
Tempo retirada gabarito (min)		Método movimentação			MM-02-Dispositivo01
Ferramenta-Código	Grampo fixação-02	Instrumentos Medição			IM-10-Paquímetro
Gabarito	G-44-Solda T	Localização gabarito			A33
Máquina Solda	GG-76	EPIs			botina com biqueira-1 luva simples-4 Máscara de solda-8
Especialidade soldador	SOLDA MIG/MAG	Nome soldador			GERSON
CONTROLE DISTORÇÃO					
DESCRIÇÃO DE CARACTERÍSTICAS RELEVANTES			MÉTODO DE CONTROLE		
APROVAÇÃO DO PROCESSO					
TESTES		DOCUMENTOS DA QUALIDADE		PROJETO GABARITO	

6 CONCLUSÃO

O objetivo final de criação da ferramenta foi atingido desenvolvendo-se uma base de pesquisas e planejamento de atividades de processos, podendo tornar-se ferramenta importante para padronizar as atividades técnicas e de gestão de empresas usuárias. Hoje em dia, muitas empresas realizam seus processos a partir de técnicas empíricas, demandando muito tempo para aprovação de novos conjuntos soldados. Isto se deve à forma de atuar, a qual, na maioria das vezes, se dá em torno de tentativas práticas, as quais, mesmo aprovadas ainda podem ser esquecidas e, portanto, em novos desenvolvimentos o planejamento e as atividades iniciam novamente sem o aproveitamento das dificuldades e técnicas de solução aplicadas anteriormente em produtos similares.

Fica evidente a importância de uma ferramenta capaz de organizar as técnicas e informações de forma clara e prática, pois pode-se, a partir de processos similares anteriores, reduzir ao máximo a possibilidade de erros aproveitando o histórico de aprendizagem como recurso de desenvolvimento.

Desta forma, esta ferramenta tem uma ampla gama de aplicação, quer seja em indústrias de pequeno porte, as quais necessitam demonstração de eficácia de seus processos para homologação de fornecimento a clientes, ou em indústrias de grande porte, as quais, por suas vez, necessitam redução de custos e padronização de informações para facilitar a divulgação e criação de histórico de planejamento para aproveitamento futuro.

Esta ferramenta se apresenta em um ambiente amigável para o usuário, facilitando intuitivamente o entendimento do sistema, possibilitando, com isto, a padronização do processo de desenvolvimento. Assim, é possível diminuir o tempo de planejamento e redação, organizando os insumos e recursos de modo a facilitar o seu controle e, conseqüentemente, atingindo-se o objetivo macro de redução de erros de planejamento, já que se parte de informações de processos similares e com base de dados complementares disponíveis, sem a necessidade de tentativas de adequação dos recursos e especificações no instante da produção, haja vista que nem sempre se tem a totalidade destes à disposição.

No caso de um novo desenvolvimento, tem-se uma plataforma intuitiva que começa por cadastros de dados iniciais que serão utilizados posteriormente, e após, o sequenciamento de entrada de dados conduzem o processista durante o processo de desenvolvimento, acompanhando o atendimento dos critérios técnicos da qualidade exigida e formalizando a homologação do processo aprovado. Inclusive, configurando-se em um documento comprobatório para atendimento de Processo de Aprovação da Peça de Produção (PPAP) de amostras, em caso de empresas fornecedoras de peças manufaturadas soldadas para outras empresas que utilizam este método de avaliação de fornecedores.

Outro fator muito relevante é que com o uso deste sistema cria-se a independência humana no que tange a necessidade de técnicos e/ou processistas que, ao serem desligados da empresa, levam consigo o conhecimento técnico do processo de soldagem e, neste sentido, a empresa retorna às mesmas dificuldades de desenvolvimento enfrentadas anteriormente, com prejuízos gerados em tentativas de ajuste e preparação do seu processo de soldagem.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sabe-se das inúmeras oportunidades de agregar novos módulos ao *software*, mas o interesse momentâneo é evidenciar a possibilidade de controlar o desenvolvimento de processos de soldagem, preenchendo uma lacuna atual muito característica em setores de Métodos & Processos das indústrias.

Gera-se, portanto, a necessidade de continuidade de estudos baseados em incorporar outros dados relativos ao processo de solda ou, inclusive, a expansão para outras áreas da manufatura industrial como usinagem ou estamparia, desenvolvendo módulos específicos para tal.

Podem-se integrar, através de sistemas MES/LES, as automações industriais de medição e monitoramento dos processos retornando-as para o *software* e interagindo com gestão fabril, atendo-se, no mínimo, às premissas básicas da Indústria 4.0, aplicando, desta forma, inovação, modernidade e ferramenta digital.

Seria possível uma migração para um sistema CAPP pleno para oportunizar maior interação entre dados de acordo com as necessidades técnicas a serem atendidas de acordo com os projetos de conjuntos soldados e suas características.

REFERÊNCIAS

- ADEKUNLE, A. A.; ADEKUNLE, O. R.; OLORUNFEMI, B. J.; OGBEIDE, S. O. Development of computer aided design *software* for expert systems in welding. **Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences**. n.7, p. 95-102, 2016.
- CAMARGO, R. L.; FERREIRA, A.; PORCIÚNCULA, G.S. Controle de qualidade e análise de falhas de soldas de estruturas metálicas na indústria offshore. **Revista Espacios**, vl. 38. n. 21, p. 37, 2017.
- CHANG, C. H. The structure of quality information system in a computer integrated manufacturing environment. **Computers and Industrial Engineering**, v. 15, n. 1-4, p. 338–343, 1988.
- CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.
- FARIAS, J. B. S. **Desenvolvimento de um sistema semi-generativo para planejamento de processo auxiliado por computador para ambiente de usinagem**. 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13463/000642952.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 27 out. 2016.
- FERNANDES, F. C. F. A função de controle nos sistemas integrados de manufatura. **Produção**. [online], v. 1, n. 1, p. 7–21, 1991.
- FERREIRA, Juliene Barbosa; MEDEIROS, Telma Urias. Gerenciamento dos Custos da Qualidade e Competitividade. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2007, Foz do Iguaçu - PR. **Anais eletrônicos**: Foz do Iguaçu, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR580443_9814.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- GUERRINI, F. M.; ESCRIVÃO FILHO, E.; CARARINI, E. W.; PÁD, S. I. D. **Modelagem da organização**: uma visão integrada. Porto Alegre: Bookman. 2014.
- HALEVI, G. WEILL, R.D. **Principles of process planning**: a logical approach. London: Chapman & Hall. 1995.
- IEC – International Electrotechnical Commission. **Factory of the future**. Registered trademark of the International Electrotechnical Commission. Copyright © IEC, Geneva, Switzerland, 2015. Disponível em: <<https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/Hitachi/iecWP-futurefactory-LR-en.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2019.
- KAMRANI, A. K.; PARSAEI, H. R. A group technology based methodology for machine cell formation in a computer integrated manufacturing environment. **Computers and Industrial Engineering**, v. 24, n. 3, p. 431–447, 1993.
- MAROPOULOS, P. G.; YAO, Z.; BRADLEY, H. D.; PARAMOR, K. Y.G. An integrated design and planning environment for welding Part 2: process planning. **Journal of Materials Processing Technology**. v. 107, n. 1-3, p. 9-14, 22 nov. 2000. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924013600007093>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A.Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. 3. ed. atual. Belo Horizonte: UFMG, 2009.

MELO, S. P. Desenvolvimento e aplicação de um sistema de planejamento de processo auxiliado por computador em um ambiente de usinagem. Dissertação. (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS. 2003.

MODENESI, J. P.; MARQUES, P. V.; SANTOS, D.B. **Introdução à metalurgia da soldagem**. 209f. Monografia. - Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Belo Horizonte, 2012.

MOURA, Reinaldo A. Tudo virou automação. **GuiaLog**. Belo Horizonte, jul. 2002. Seção notícias. Disponível em: <<http://www.guiaelog.com.br/artigo319.htm>>. Acesso em: 05 set. 2015.

OLIVEIRA, J. A. B. de. Coalition based approach for shop floor agility: a multiagent approach. 2003. 329 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores - Robótica e Manufatura Integrada, Faculdade de Ciências da Computação, Engenharia Elétrica e Matemática, **538 Rev. Elet. Cient. UERGS**, v.4, n.3, p. 525-538, 2018. Universidade Nova de Lisboa Uninova, Lisboa, 2003. Disponível em: <<https://run.unl.pt/handle/10362/2483>>. Acesso em: 6 jan. 2018.

ONORI, M.; SEMERE, D.; LINDBERG, B. Evolvable systems: an approach to self-X production. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, London, v. 24, n. 5, p.506- 516, May 2011. Informa UK Limited. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/0951192x.2011.566282>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

ROZENFELD, H. **Implantação distribuída de processo assistido pós-computador na manufatura integrada**. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, p. 152, 1992.

SCHEER, A. W. **CIM – Computer Integrated Manufacturing: towards the factory of the future**. 3. ed. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2012.

SILVA, R. M. da. **Controle de sistemas reconfiguráveis de manufatura**. 2016. 157 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SONDAGEM ESPECIAL. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. **Indicadores CNI**. Ano 17, n. 2, abr. 2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/26552747-66-especial-sondagem.html>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

TECHTARGET. **Computer-aided process planning (CAPP)**. 2016. Disponível em: <<http://searchmanufacturingerp.techtarget.com/definition/Computer-aided-process-planning-CAPP>>. Acesso em: 27 out. 2016.

TREAL. **Normas de soldagem ASME IX: qualificação dos procedimentos de soldagem e soldadores**. Disponível em: <<https://www.treal.com.br/blog/normas-de-soldagem-asme-ix/>>. Acesso em: 30 jun. 2020.

VENTURELLI, M. **Automação industrial**. Indústria 4.0: uma visão da automação industrial. 2014. Disponível em: <<http://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

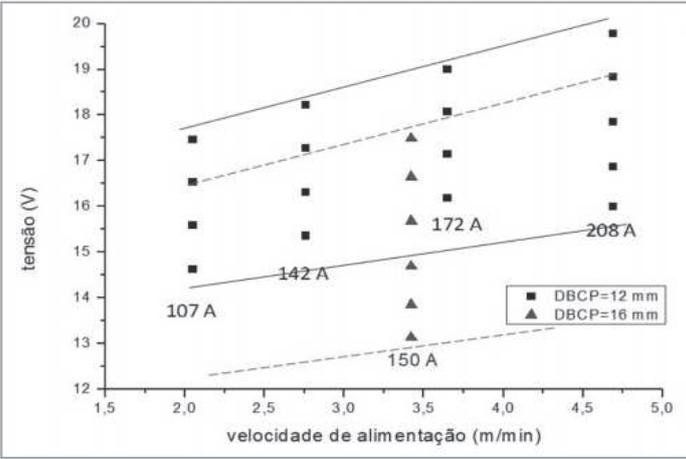
WEMAN, K. **Welding processes handbook**. New York: CRC Press Boca Raton, 2003.

APÊNDICES

**Apêndice A – Descrição das terminologias utilizadas no sistema para
entrada padronizada de dados**

Abaixo serão explicadas cada terminologia utilizada pelo sistema em sua entrada de dados como forma de padronizar esta etapa.

CÓDIGO CONJUNTO e DESCRIÇÃO	Retirados dos desenhos de Engenharia																																											
DATA	Abertura do processo																																											
PROCESSO SOLDAGEM	Tipo de solda, MIG, MAG, TIG, Oxi Acetilênica																																											
TIPO DE OPERAÇÃO	Manual com soldadores qualificados ou automatizada com equipamentos computadorizados ou robôs de solda.																																											
ELABORAÇÃO	Responsável pela abertura do processo																																											
LOCALIZAÇÃO NO DESENHO	Sequência de definição de áreas, iniciada em A1 e seguindo sucessivamente de letras e números, preferencialmente cada tipo de áreas com letra agrupada (A1, A2, A3...)																																											
TIPO CORDÃO	De Filete para cordões em rampa sem chanfros nas peças. De Entalhe de Penetração usado em peças chanfradas com maior profundidade de penetração do cordão de solda.																																											
POSIÇÃO SOLDAGEM	PLANA, HORIZONTAL, SOBRE CABEÇA, VERTICAL, "PARA CIMA" OU "PARA BAIXO", de acordo com a necessidade de acesso de soldagem ou pela qualidade de cordão esperada																																											
SENTIDO DA SOLDAGEM	Puxada ou empurrada de acordo com o planejamento do processo.																																											
CORRENTE (FAIXA)	<p>Definida a partir do material a ser soldado e o arame (diâmetro do eletrodo) a ser utilizado conforme tabela abaixo:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Diâmetro do eletrodo</th> <th>Faixa de corrente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">Aço carbono e de baixa liga</td> <td>0,8</td> <td>70 - 180</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>90 - 220</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>100 - 270</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>190 - 360</td> </tr> <tr> <td>2,4</td> <td>280 - 490</td> </tr> <tr> <td>3,2</td> <td>270 - 580</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">Aço inox austenítico</td> <td>0,8</td> <td>60 - 180</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>80 - 200</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>90 - 260</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>170 - 320</td> </tr> <tr> <td>2,4</td> <td>250 - 450</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Aluminio</td> <td>0,8</td> <td>70 - 150</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>80 - 200</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>120 - 300</td> </tr> <tr> <td>2,4</td> <td>180 - 350</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Cobre</td> <td>0,8</td> <td>70 - 170</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>90 - 250</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>150 - 400</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Diâmetro do eletrodo	Faixa de corrente	Aço carbono e de baixa liga	0,8	70 - 180	1,0	90 - 220	1,2	100 - 270	1,6	190 - 360	2,4	280 - 490	3,2	270 - 580	Aço inox austenítico	0,8	60 - 180	1,0	80 - 200	1,2	90 - 260	1,6	170 - 320	2,4	250 - 450	Aluminio	0,8	70 - 150	1,2	80 - 200	1,6	120 - 300	2,4	180 - 350	Cobre	0,8	70 - 170	1,2	90 - 250	1,6	150 - 400
Material	Diâmetro do eletrodo	Faixa de corrente																																										
Aço carbono e de baixa liga	0,8	70 - 180																																										
	1,0	90 - 220																																										
	1,2	100 - 270																																										
	1,6	190 - 360																																										
	2,4	280 - 490																																										
	3,2	270 - 580																																										
Aço inox austenítico	0,8	60 - 180																																										
	1,0	80 - 200																																										
	1,2	90 - 260																																										
	1,6	170 - 320																																										
	2,4	250 - 450																																										
Aluminio	0,8	70 - 150																																										
	1,2	80 - 200																																										
	1,6	120 - 300																																										
	2,4	180 - 350																																										
Cobre	0,8	70 - 170																																										
	1,2	90 - 250																																										
	1,6	150 - 400																																										

<p>TENSÃO (FAIXA)</p>	 <p>Gráfico de tensão (V) versus velocidade de alimentação (m/min). O eixo Y representa a tensão em Volts (V), variando de 12 a 20. O eixo X representa a velocidade de alimentação em metros por minuto (m/min), variando de 1,5 a 5,0. O gráfico mostra cinco linhas de tendência, cada uma representando uma corrente elétrica diferente: 107 A, 142 A, 150 A, 172 A e 208 A. Para cada corrente, há dois dados: um para DBCP=12 mm (representado por quadrados) e um para DBCP=16 mm (representado por triângulos). As linhas de tendência são todas positivas, indicando que a tensão aumenta com a velocidade de alimentação. A tensão também aumenta com a corrente elétrica e com a espessura do DBCP.</p>
<p>QTDE PASSE DE RAIZ</p>	<p>De acordo com cálculo de estrutura.</p>
<p>CHANFROS (mm)</p>	<p>Conforme definição de engenharia.</p>
<p>MOVIMENTO RETILINEO/OSCILANTE</p>	<p>De acordo com a necessidade de acabamento de cordão esperada, onde a largura da poça de fusão e consequentemente o alisamento da crista do cordão é facilitada.</p>
<p>DESENHO COM LOCALIZAÇÃO DEFINIDA DE SOLDAGEM</p>	<p>Área destinada a importação do desenho com detalhes das localizações de cordões de solda, subdividindo o conjunto soldado em áreas estudadas individualmente.</p> <p>Os desenhos utilizados durante o planejamento na ferramenta devem estar preparados para uma análise rápida e facilitada do processista e envolvidos. Estes devem conter tão somente o necessário de informação sendo um ambiente limpo que facilite a visualização das necessidades.</p> <p>O desenho de produto necessita além das medidas normais, também as tolerâncias dimensionais necessárias, definição de GDIT e características críticas. Devem ser usadas simbologias padronizadas seguindo normas ANSI AWS A2.4:2012 ou ao menos com padrões conhecidos normatizados internamente, caso sejam criação do usuário, ou mesmo outra norma desde que homologada e constante.</p> <p>O desenho detalhado de soldagem deve conter a indicação de localização dos cordões de solda a partir de identificação de perímetros de cordões utilizando letras e números sequenciais para que sejam listados e recebam planejamento específico para cada parte integrante do conjunto soldado. (A1, A2, B1, C1, D1...etc), de acordo com o desenho estudado neste.</p>
<p>TIPO DE ARAME</p>	<p>Definido a partir da tabela abaixo, de acordo com a aplicação em material base e a faixa de corrente utilizada.</p>

DIÂMETRO ARAME	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Diâmetro do eletrodo</th> <th>Faixa de corrente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">Aço carbono e de baixa liga</td> <td>0,8</td> <td>70 - 180</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>90 - 220</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>100 - 270</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>190 - 360</td> </tr> <tr> <td>2,4</td> <td>280 - 490</td> </tr> <tr> <td>3,2</td> <td>270 - 580</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">Aço inox austenítico</td> <td>0,8</td> <td>60 - 180</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>80 - 200</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>90 - 260</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>170 - 320</td> </tr> <tr> <td>2,4</td> <td>250 - 450</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Alumínio</td> <td>0,8</td> <td>70 - 150</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>80 - 200</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>120 - 300</td> </tr> <tr> <td>2,4</td> <td>180 - 350</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Cobre</td> <td>0,8</td> <td>70 - 170</td> </tr> <tr> <td>1,2</td> <td>90 - 250</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>150 - 400</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Diâmetro do eletrodo	Faixa de corrente	Aço carbono e de baixa liga	0,8	70 - 180	1,0	90 - 220	1,2	100 - 270	1,6	190 - 360	2,4	280 - 490	3,2	270 - 580	Aço inox austenítico	0,8	60 - 180	1,0	80 - 200	1,2	90 - 260	1,6	170 - 320	2,4	250 - 450	Alumínio	0,8	70 - 150	1,2	80 - 200	1,6	120 - 300	2,4	180 - 350	Cobre	0,8	70 - 170	1,2	90 - 250	1,6	150 - 400																																																																																				
	Material	Diâmetro do eletrodo	Faixa de corrente																																																																																																																													
Aço carbono e de baixa liga	0,8	70 - 180																																																																																																																														
	1,0	90 - 220																																																																																																																														
	1,2	100 - 270																																																																																																																														
	1,6	190 - 360																																																																																																																														
	2,4	280 - 490																																																																																																																														
	3,2	270 - 580																																																																																																																														
Aço inox austenítico	0,8	60 - 180																																																																																																																														
	1,0	80 - 200																																																																																																																														
	1,2	90 - 260																																																																																																																														
	1,6	170 - 320																																																																																																																														
	2,4	250 - 450																																																																																																																														
Alumínio	0,8	70 - 150																																																																																																																														
	1,2	80 - 200																																																																																																																														
	1,6	120 - 300																																																																																																																														
	2,4	180 - 350																																																																																																																														
Cobre	0,8	70 - 170																																																																																																																														
	1,2	90 - 250																																																																																																																														
	1,6	150 - 400																																																																																																																														
MARCA HOMOLOGADA	Fabricante conforme definido no processo a partir de testes de aprovação internos.																																																																																																																															
VELOCIDADE DO ARAME	A partir do gás de proteção, da tensão e corrente definidas segue-se a tabela abaixo:																																																																																																																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Gás de proteção</th> <th>Tensão de soldagem (V) (regulada)</th> <th>Velocidade de Alimentação (m/min) (regulada)</th> <th>Corrente de Soldagem (A) (monitorada)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Ar + 8% CO₂</td> <td>16,0</td> <td>2,05</td> <td>107</td> </tr> <tr> <td>16,0</td> <td>2,76</td> <td>142</td> </tr> <tr> <td>17,0</td> <td>3,65</td> <td>172</td> </tr> <tr> <td>17,0</td> <td>4,69</td> <td>208</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Ar + 15% CO₂</td> <td>17,0</td> <td>2,00</td> <td>104</td> </tr> <tr> <td>17,0</td> <td>2,81</td> <td>148</td> </tr> <tr> <td>17,0</td> <td>3,60</td> <td>175</td> </tr> <tr> <td>17,0</td> <td>4,80</td> <td>207</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Ar + 25% CO₂</td> <td>19,0</td> <td>2,00</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>19,0</td> <td>2,71</td> <td>148</td> </tr> <tr> <td>19,0</td> <td>3,60</td> <td>181</td> </tr> <tr> <td>19,0</td> <td>4,70</td> <td>213</td> </tr> </tbody> </table>	Gás de proteção	Tensão de soldagem (V) (regulada)	Velocidade de Alimentação (m/min) (regulada)	Corrente de Soldagem (A) (monitorada)	Ar + 8% CO ₂	16,0	2,05	107	16,0	2,76	142	17,0	3,65	172	17,0	4,69	208	Ar + 15% CO ₂	17,0	2,00	104	17,0	2,81	148	17,0	3,60	175	17,0	4,80	207	Ar + 25% CO ₂	19,0	2,00	109	19,0	2,71	148	19,0	3,60	181	19,0	4,70	213																																																																																				
Gás de proteção	Tensão de soldagem (V) (regulada)	Velocidade de Alimentação (m/min) (regulada)	Corrente de Soldagem (A) (monitorada)																																																																																																																													
Ar + 8% CO ₂	16,0	2,05	107																																																																																																																													
	16,0	2,76	142																																																																																																																													
	17,0	3,65	172																																																																																																																													
	17,0	4,69	208																																																																																																																													
Ar + 15% CO ₂	17,0	2,00	104																																																																																																																													
	17,0	2,81	148																																																																																																																													
	17,0	3,60	175																																																																																																																													
	17,0	4,80	207																																																																																																																													
Ar + 25% CO ₂	19,0	2,00	109																																																																																																																													
	19,0	2,71	148																																																																																																																													
	19,0	3,60	181																																																																																																																													
	19,0	4,70	213																																																																																																																													
TIPO GÁS DE PROTEÇÃO	Definido através da pesquisa da tabela abaixo conforme aplicação do material a ser soldado.																																																																																																																															
	<p style="text-align: center;">Tabela 2 - Misturas gasosas usuais na soldagem</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Gás/Material</th> <th colspan="4">GM AW</th> <th colspan="4">GTAW</th> <th rowspan="2">FCAW</th> </tr> <tr> <th>Aço</th> <th>Inox</th> <th>Alumínio</th> <th>Cobre</th> <th>Aço</th> <th>Inox</th> <th>Alumínio</th> <th>Cobre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ar</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>He</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO₂</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Ar + CO₂</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Ar + O₂</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ar + CO₂ + O₂</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ar + H₂</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X*</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ar + He</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ar + He + CO₂</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ar + N₂</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X**</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N₂</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X***</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>(*) Indicado para soldagem de aços inox austenítico (**) Indicado para soldagem de aços inox duplex e super-duplex (***) Indicado para proteção de raiz em soldagem de aços inox</p> <p>http://www.revistadoaco.com.br/gases-de-protecao-para-soldagem-ao-arco-eletrico/</p>	Gás/Material	GM AW				GTAW				FCAW	Aço	Inox	Alumínio	Cobre	Aço	Inox	Alumínio	Cobre	Ar			X	X	X	X	X	X		He							X	X		CO ₂	X								X	Ar + CO ₂	X	X							X	Ar + O ₂	X	X								Ar + CO ₂ + O ₂	X									Ar + H ₂						X*	X			Ar + He			X	X		X		X		Ar + He + CO ₂		X								Ar + N ₂						X**				N ₂						X***		
Gás/Material	GM AW				GTAW				FCAW																																																																																																																							
	Aço	Inox	Alumínio	Cobre	Aço	Inox	Alumínio	Cobre																																																																																																																								
Ar			X	X	X	X	X	X																																																																																																																								
He							X	X																																																																																																																								
CO ₂	X								X																																																																																																																							
Ar + CO ₂	X	X							X																																																																																																																							
Ar + O ₂	X	X																																																																																																																														
Ar + CO ₂ + O ₂	X																																																																																																																															
Ar + H ₂						X*	X																																																																																																																									
Ar + He			X	X		X		X																																																																																																																								
Ar + He + CO ₂		X																																																																																																																														
Ar + N ₂						X**																																																																																																																										
N ₂						X***																																																																																																																										

MARCA HOMOLOGADA	Fabricante conforme definido no processo a partir de testes de aprovação internos.					
LIMPEZA INICIAL	Escrita descritivamente conforme necessidade e equipamentos disponíveis para o processo, como escovação, lixamento, limpeza química, etc..					
TEMPO RETIRADA DO GABARITO DE SOLDA	Definido em minutos pós soldagem, a partir de testes experimentais ou simulações que comprovem o tempo necessário para estabilização das tensões de deformação do aço soldado.					
MÉTODO DE MOVIMENTAÇÃO	Define o método de retirada e movimentação do conjunto soldado a partir do gabarito, visando ergonomia e praticidade ao soldador. <table border="1" data-bbox="660 669 1077 862"> <tr> <td>Manual</td> </tr> <tr> <td>Talha com gancho</td> </tr> <tr> <td>Talha com dispositivo</td> </tr> <tr> <td>Braço robotizado</td> </tr> <tr> <td>Outro: especificar</td> </tr> </table>	Manual	Talha com gancho	Talha com dispositivo	Braço robotizado	Outro: especificar
Manual						
Talha com gancho						
Talha com dispositivo						
Braço robotizado						
Outro: especificar						
EQUIPAMENTO DE SOLDA	Descritivo do equipamento de soldagem conforme banco de dados pré cadastrado:					
CADASTRO DE EQUIPAMENTOS DE SOLDA	Seguir os critérios do <i>software</i> , obedecendo a identificações padronizadas da empresa usuária.					
CÓDIGO EQUIPAMENTO	Extraído diretamente do cadastro.					
GABARITO DE SOLDA	Código do gabarito conforme cadastro geral. Este cadastro se dá em um banco de dados formatado especificamente para tal, incluindo a sua localização					
LOCALIZAÇÃO GABARITO	Identificação de localização no mercado de gabaritos (fileiras ou prateleira) A1, A2, C3, G5, etc. Este é extraído diretamente do cadastro.					
FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	A partir de estudo das necessidades envolvidas, as ferramentas são listadas e devem estar presentes no processo de soldagem, a disposição do soldador.					
EPIs NECESSÁRIOS	Escolhidos pela lista de equipamentos cadastrados					
DOCUMENTOS NECESSÁRIOS	Fazem parte todos os documentos técnicos necessários para a informação completa do processo a ser executado, como os desenhos, normas, tabelas de regulação, etc.. Este campo é preenchido manualmente de acordo com a análise do processista.					
POSTO DE TRABALHO	Entre o <i>layout</i> produtivo é definido o local de execução do processo de soldagem, em cabines de solda, áreas demarcadas ou setores inteiros pré-determinados. Pode ser usada uma tabela com a identificação definida pelo usuário, ou descritivo escrito pelo processista.					
QUALIFICAÇÃO NECESSÁRIA	Definição de níveis de qualificação técnica capazes de atender os requisitos técnicos exigidos no projeto. São determinados a partir da seleção em uma tabela pré-cadastrada com os referidos níveis definidos.					

SETOR	Normalmente estabelecido de acordo com o arranjo de <i>layout</i> e definição interna da empresa.
NOME SOLDADOR	Funcionário
DESCRIÇÃO DE CARACTERÍSTICAS RELEVANTES	<p>Campo para descrição de pontos importantes a serem observados na elaboração do processo, como pontos de maior tensão pós solda, cuidados de acabamento, medidas críticas a serem monitoradas, etc.</p> <p>Este é preenchido manualmente a partir de históricos de experiências já vividas em processos similares, ou pela definição de necessidade de projeto.</p>
MÉTODO DE CONTROLE	São sugestões de possíveis métodos que garantam o controle das características relevantes acima, como meios eletrônicos para controle de distorção dimensional (células de carga, imagens, etc.) ou meios de aferição dimensional ou qualitativa de controle (medições com instrumentos, sequenciamento de soldagem, etc.)
TESTES	Definição de testes necessários para aferição das características de projeto, como medição, testes de montagem, análises estruturais, testes físicos (impactos, tração, compressão, etc.)
IMPORTAÇÃO DOCUMENTOS DA QUALIDADE	<p>Lista de documentos inerentes à avaliação do processo como relatório dimensional, laudos técnicos, certificados da qualidade, qualificações, registros, etc.</p> <p>Esta lista é importada pelo usuário por meios informatizados, como rede de computadores, onde o <i>link</i> adicionado fará parte da lista de impressão de documentos automatizada, e usados para aprovação e homologação do processo em um dossiê gerado ao final dos testes.</p>
PROJETO GABARITO	Importado pelo usuário por meios informatizados, como rede de computadores, onde o <i>link</i> adicionado fará parte da lista de impressão de documentos automatizada, e usados para aprovação e homologação do processo em um dossiê gerado ao final dos testes.
RESPONSÁVEL SETOR	Normalmente o responsável geral usuário do processo planejado.
DATA	Data da assinatura de cada responsável.
RESPONSÁVEL TÉCNICO	Avaliador responsável, sendo conferente direto e final de todo o processo, analisando a documentação impressa e fazendo o comparativo das necessidades de projeto com o resultado dos testes do processo.
ELABORADOR	<p>Processista que gerou o planejamento no sistema informatizado e responsável pela compilação de dados e informações no <i>software</i> e posterior preparação do dossiê para aprovação do processo.</p> <p>Este deve fazer parte integrante de todas as etapas do planejamento, desde a sua abertura no sistema até os testes finais e homologação, sendo centralizador das informações e esclarecendo dúvidas pertinentes.</p>



UPF

UNIVERSIDADE
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900
(54) 3316 7000 - www.upf.br