

Modelo de maturidade aplicado à células de soldagem robotizada: uma proposta baseada no modelo CMMI

Diego Leonardo Simoni e Ivandro Cecconello

Resumo

A alta competitividade da indústria atualmente faz com que a busca por modernização e melhoria nos processos passe a ser fundamental. A automação dos processos de soldagem oferece inúmeros benefícios para empresas, passando por maior produtividade e consistência de solda até custos mais baixos para produção, mão de obra e materiais, segurança e qualidade. A Indústria 4.0 propõe deixar a indústria ainda mais automatizada, de forma que as máquinas dotadas de sensores conseguirão se comunicar entre si e assim tornar o processo ainda mais eficiente e permite um acompanhamento em tempo real do que ocorre no processo de soldagem, proporcionando também que a máquina ou robô seja o inspetor de qualidade do processo. Diante disso, percebe-se que surgem barreiras para que os projetos de soldagem automatizada não atinjam o resultado esperado devido a fares internos e externos. Um modelo de maturidade é uma forma para avaliar o quão hábil uma empresa é para gerenciar e implementar seus projetos, isso significa que ele possibilita a identificação do nível da maturidade e, assim, ajuda a empresa a definir o melhor caminho para que o sucesso pleno do projeto seja alcançado. Entre todos os modelos que ajudam na avaliação da maturidade, o CMM pode ser considerado como o seu primogênito. Existem várias formas de se validar um modelo de maturidade, entre elas a proposta neste artigo, por meio da avaliação de especialistas da área de soldagem robotizada e utilizadores dos sistemas. A validação deste modelo obteve êxito pois conforme proposto todas as médias das notas obtidas ficaram acima de 3. Como principal resultado, este trabalho apresenta um modelo de maturidade focado a células de soldagem robotizada, o que representa uma lacuna na literatura existente.

Palavras-chave

Modelo de maturidade, Soldagem robotizada, Industria 4.0

Maturity model applied to robotic welding cells: a proposal based on the CMMI model

Abstract

The high competitiveness of the industry today makes the search for modernization and improvement in processes become fundamental. The automation of welding processes offers numerous benefits for companies, ranging from higher productivity and welding consistency to lower costs for production, labor and materials, safety and quality. Industry 4.0 proposes to make the industry even more automated, so that machines equipped with sensors will be able to communicate with each other and thus make the process even more efficient and allow for real-time monitoring of what occurs in the welding process, also providing that the machine or robot is the process quality inspector. In view of this, it is noticed that barriers arise so that automated welding projects do not reach the expected result due to internal and external aspects. A maturity model is a way to assess how skillful a company is to manage and implement its projects, this means that it enables the identification of the maturity level and, thus, helps the company to define the best path for full success of the project is achieved. Among all the models that help in the assessment of maturity, CMM can be considered as its firstborn. There are several ways to validate a maturity model, including the one proposed in this article, through the evaluation of specialists in the field of robotic welding and users of the systems. The validation of this model was successful because, as proposed, all the average scores obtained were above 3. As a main result, this work presents a maturity model focused on robotic welding cells, which is a gap in the existing literature.

Keywords

MATURITY MODEL, ROBOTIC WELDING, INDUSTRY 4.0

Pós-graduação em Engenharia Industrial – Universidade de Caxias do Sul (UCS)

E-mails: dlsimoni@ucs.br, iceccone@ucs.br

Data de envio: 30/11/2020

Data de aceite: 14/12/2020

<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v8iss2p218>

I. INTRODUÇÃO

O ambiente no qual as organizações estão inseridas é altamente dinâmico, obrigando-as assim a se adaptarem constantemente as novas práticas e necessidades do mercado a fim de manter a sustentabilidade de seus processos [1]. Baseado nessa problemática de atender as demandas de mercado, as organizações devem focar em estratégias operacionais tais como qualidade, flexibilidade, velocidade, confiabilidade e custos [2], [3], [4], [5]. Portanto, nas próximas décadas, são vislumbrados ganhos de eficiência significativos, principalmente através da consequente integração digital e inteligência [6] dos processos de fabricação [7].

Dentre os processos que vem ganhando destaque na Indústria 4.0 aparece a soldagem robotizada, seja ela através de sistemas de plasma, laser, TIG ou Mig/Mag, esta última sendo a encontrada com mais frequência. A soldagem é um processo de junção parcial em que dois ou mais componentes são conectados por aplicação de calor, pressão ou ambos, normalmente com o uso de um material adicional [8].

Preparar as empresas para a indústria 4.0 pode ser um desafio. Além das dificuldades com investimento, muitas vezes a mão de obra também se mostra um problema. A Indústria 4.0 deixa a indústria ainda mais automatizada, de forma que as máquinas dotadas de sensores conseguirão se comunicar entre si e assim tornar o processo ainda mais eficiente. Tudo isso acontece com tecnologias que já temos presente hoje no mercado. Uma destas tecnologias é a utilização de braços robóticos para a condução das tochas de soldagem em substituição ao controle manual, sendo possível acompanhar todo o processo de solda, falhas e necessidades do equipamento sem precisar estar no mesmo lugar do robô. Tudo isso acontece de forma remota através de um dispositivo móvel do próprio operador, além disso todos os dados ficam armazenados em nuvem, permitindo assim que todos envolvidos no processo fiquem a par do trabalho que está sendo realizado. O processo de soldagem robotizado é impulsionado pelo desenvolvimento de sistemas de detecção visual, amplamente utilizada para o monitoramento de defeitos de solda [9] e reconhecimento da junta de solda [10].

Com o aumento da complexidade em todos dos processos surge a incerteza sobre as respectivas capacidades organizacionais e tecnológicas e estratégias adequadas para implementar tais conceitos de forma eficiente e eficaz. Percebe-se que as empresas enfrentam problemas em compreender e determinar seu nível de maturidade em relação ao domínio de novos conceitos industriais surgidos mundialmente [11].

Modelos de maturidade são comumente usados como um instrumento para conceituar e medir a maturidade de uma organização ou processo relativo a algum estado de destino específico [12]. Os modelos de maturidade podem ser desenvolvidos de acordo com sua aplicação, considerando os pontos relevantes para o sucesso da implementação de um processo.

Dado o contexto apresentado, o objetivo do artigo é desenvolver um modelo de maturidade para processos de soldagem robotizada. Para tanto, a partir da literatura existente foi identificado o modelo base o qual foi adaptado e validado para o contexto deste trabalho.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Modelos de Maturidade

Usualmente, o termo "maturidade" se refere a um "estado de ser completo, perfeito ou pronto [13] e implica algum progresso no desenvolvimento de um dado sistema. Assim, sistemas de maturação (por exemplo, biológico, organizacional ou tecnológico) aumentam suas capacidades ao longo do tempo em relação à realização de algum estado futuro desejável. A maturidade pode ser capturada qualitativamente ou quantitativamente de forma discreta ou contínua [14]. Modelos de maturidade são comumente usados como um instrumento para conceituar e medir a maturidade de uma organização ou processo relativo a algum estado de destino específico.

Entende-se necessário um nível mínimo de requisitos para elaboração de um projeto de modelo de maturidade. Neste sentido as sete diretrizes da ciência do design definidas por [15] trazem melhorias na capacidade de resolução de problemas, habilidades e criação de artefatos inovadores como os modelos [16]. Enquanto muitos paradigmas de pesquisa científica objetivam descobrir "o que é verdade", a ciência do design busca identificar o "o que é eficaz" [15]. As sete diretrizes orientativas são:

1. O objeto de estudo deve ser um artefato;
2. O problema abordado pelo artefato deve ser relevante aos praticantes;
3. A Avaliação da utilidade do artefato deve ser rigorosa;
4. Deve haver contribuição efetiva para a área de conhecimento do artefato;
5. Pesquisa rigorosa;
6. Uso eficiente de recursos; e
7. Comunicação dos resultados aos praticantes.

Continuando a linha de pensamento da necessidade de ser uma ferramenta eficaz, [17] nos traz a seguinte definição, modelo de maturidade é uma coleção estruturada de elementos que descrevem as características de processos eficazes em diferentes estágios de desenvolvimento. Também sugere pontos de demarcação entre estágios e métodos de transição de um estágio para outro.

Existem três tipos de modelos de maturidade [18] apresentados no Quadro 1:

Tipos	Características
Descritivo	Permite identificar o nível que a organização se encontra; Não apresenta formas de melhorias da maturidade; Não tem relações com o desempenho; Utilizado para avaliar a fotografia atual da empresa
Prescritivo	Foco direcionado para o desempenho do negócio; Indica forma de alcançar o próximo nível de maturidade; É vantajoso ao estabelecer um roteiro para as melhorias
Comparativo	Busca das melhores práticas em todas as áreas; Permite a comparação de práticas semelhantes para validar a maturidade dentro de indústrias diferentes; Permite reconhecer os níveis de maturidade e traduzidos em valores do negócio; Deve ser aplicado em um grande número de organizações para ter dados suficientes e validar a comparação

Quadro 1: Tipos de modelos de Maturidade

Conforme [19] as características mais importantes e que devem ser enfatizadas e apresentadas em um modelo de maturidade são apresentadas na Quadro 2:

Características	Descrição
Objetivo de avaliação da Maturidade	Permite a avaliação da Maturidade de diferentes objetos, entre eles tecnologias, sistemas, processos, pessoas e força de trabalho e gestão de recursos e conhecimento
Dimensão	São áreas de capacidade específicas que descrevem diferentes aspectos do objeto de avaliação de Maturidade. As dimensões devem ser exaustivas, distintas e especificadas com características distintas (práticas, medidas ou ações) em cada nível
Níveis	São arquetípicos da maturidade do objeto em avaliação. Cada nível deve ter características distintas que são empiricamente testáveis
Princípios da Maturidade	Modelos de maturidade podem ser contínuos ou completos. Os modelos contínuos permitem a evolução em diferentes níveis não apresentando a exigência de cumprir todos os elementos em cada nível, ao passo que o modelo completo traz esta exigência.
Avaliação	Pode ser realizada por métodos qualitativos (entrevistas) ou abordagens quantitativas (questionários em escala Likert).

Quadro 2: Características dos Modelos de Maturidade

Existem vários modelos de maturidade que suportam diversas áreas do conhecimento e trabalham com enfoques

diferentes, culminando no modelo CMM (*Capability Maturity Model*) e suas derivações observadas no Quadro 3. O CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) por exemplo foi criado para unificar modelos de CMMs e desenvolver um modelo mais complexo e flexível [20].

Níveis	CMM	Modelos baseados no CMM para GP				
		OPM3	PMMM	KPMMM	MMGP	P3M3
1	Inicial	Padronização	Processos iniciais	Linguagem Comum	Inicial	Processo inicial
2	Repetível	Medição	Processos estruturados e Padronizados	Processos Comuns	Conhecido	Processo Repetível
3	Definido	Controle	Padronização Organizacional e Processos Institucionais	Metodologia Única	Padronizado	Processo Definido
4	Gerenciado	Melhoria contínua	Processo Gerenciado	Benchmarking	Gerenciado	Processo Gerenciado
5	Otimizado	-	Processo Otimizado	Melhoria contínua	Otimizado	Processo Otimizado

Quadro 3: Modelos de Maturidade

O modelo CMMI organiza os dados de avaliação mediante um conjunto de 22 áreas de processo, consideradas importantes no conceito de melhoria de processos de uma organização, conforme pode ser visualizado do Quadro 4. De acordo com [21], as áreas de processos consistem em um grupo de práticas que se relacionam a um tema dentro do processo de desenvolvimento.

			Tradução
	Sigla	Process Area	Área de Processo
1	CAR	Causal Analysis and Resolution	Análise e Resolução de Causas
2	CM	Configuration Management	Gestão de Configuração
3	DAR	Decision Analysis and Resolution	Análise e Tomada de Decisões
4	IPM	Integrated Project Management	Gestão Integrada de Projeto
5	MA	Measurement and Analysis	Medição e Análise
6	OPD	Organizational Process Definition	Definição dos Processos da Organização
7	OPF	Organizational Process Focus	Foco nos Processos da Organização
8	OPM	Organizational Performance Management	Gestão do Desempenho da Organização
9	OPP	Organizational Process Performance	Desempenho dos Processos da Organização
10	OT	Organizational Training	Treinamento na Organização
11	PI	Product Integration	Integração de Produto
12	PMC	Project Monitoring and Control	Monitoramento e Controle de Projeto
13	PP	Project Planning	Planejamento de Projeto
14	PPQA	Process and Product Quality Assurance	Garantia da Qualidade de Processo e Produto
15	QPM	Quantitative Project Management	Gestão Quantitativa de Projeto
16	RD	Requirements Development	Desenvolvimento de Requisitos
17	REQM	Requirements Management	Gestão de Requisitos
18	RSKM	Risk Management	Gestão de Riscos
19	SAM	Supplier Agreement Management	Gestão de Contrato com Fornecedores
20	TS	Technical Solution	Solução Técnica
21	VAL	Validation	Validação
22	VER	Verification	Verificação

Quadro 4: Áreas do Processo CMMI

Partindo dos 5 níveis de maturidade propostos pelo CMMI é possível estabelecer uma relação clara entre o foco de

atuação em cada um dos níveis e as áreas chaves do processo envolvidas em cada um dos níveis, conforme o Quadro 5.

Quadro 5: Níveis de maturidade CMMI

Nível CMMI	Descrição	Foco	Área do Processo
Nível 5 - Otimizado	Melhoria contínua do processo é possibilitada pela realimentação quantitativa do processo e conduzida a partir de ideias inovadoras e novas tecnologias	Melhoramento contínuo do processo	Prevenção de defeitos; Gerenciamento de mudanças tecnológicas; Gerenciamento de mudanças de processos
Nível 4 - Gerenciado	São efetuadas medições detalhadas do processo e qualidade do produto. Processos e produtos são entendidos e controlados quantitativamente.	Qualidade do Produto e Processo	Gerenciamento quantitativo de processos; Gerenciamento da Qualidade
Nível 3 - Definido	Todos os processos são documentados tanto de gerenciamento como de engenharia permitindo a padronização e integração com os processos padrões da organização. Todos os projetos utilizam uma versão adaptada e padronizada pela organização para desenvolvimento e manutenção de projetos.	Processos de Engenharia e apoio	Foco no processo da organização; Definição dos processos da organização; Programas de treinamento; Gerenciamento integrado; Engenharia de Produto; Coordenação entre grupos; Revisões
Nível 2 - Repetitivo	Processos básicos de gerenciamento de projetos são estabelecidos para controlar custos, cronogramas e funcionalidades. A disciplina de projeto permite repetir sucessos de projetos anteriores em aplicações similares.	Processos de gerenciamento de projetos	Gerenciamento de requisitos; Planejamento de projeto; Acompanhamento de projeto; Gerenciamento de subcontratos; Qualidade assegurada; Gerenciamento de configurações
Nível 1 - Inicial	O processo é desorganizado e ocasionalmente caótico. O Sucesso depende de esforços individuais e do heroísmo pois, poucos processos são definidos	Pessoas competentes e heróis	-

B. Conceitos de Engenharia para Automação do processo de Soldagem

Um projeto bem sucedido de uma estrutura soldada depende da seleção adequada metais básicos, geometrias de junta adequadas e espessuras proporcionais com a capacidade de carga exigida, expectativa de vida e serviço e adequação ao meio Ambiente. No entanto, esses critérios não podem garantir a performance da soldagem se os aspectos metalúrgicos, não forem considerados cuidadosamente. As propriedades mecânicas e metalúrgicas da solda são o resultado de complexas interações de metais base, de adição do processo de soldagem e a escolha de parâmetros adequados. Uma solução para enfrentar esses desafios pode ser a adoção de conceito de *Concurrent Engineering (CE) e Design For Manufacturing and Assembly (DFMA)*.

O CE foi desenvolvido para permitir o envolvimento simultâneo de aspectos técnicos e comerciais de um produto ao longo de seu ciclo de vida [22],[23]. Projeto para fabricação e montagem (DFMA) é uma das principais metodologias utilizadas para alcançar CE [24],[25]. DFMA enfatiza a responsabilidade do designer para garantir a funcionalidade,

confiabilidade e fabricação viabilidade do projeto [26].

Muitos pesquisadores estudaram a possibilidade de incorporar DFMA em operações de soldagem. Para a implementação bem sucedida do design CE e estratégia DFMA, os dados associados às equipes de design multifuncionais devem ser trazidos juntos para que todas tenham acesso adequado aos dados mais recentes e mudanças feitas durante o processo de design [27]. Isso pode ser alcançado usando sistemas de *product data management (PDM)*. Ferramentas PDM são usadas para capturar e acompanhar as mudanças durante o ciclo de vida de um produto e para apoiar o processo de desenvolvimento de produto com base no específico forma como uma empresa opera [23],[28].

Um sistema PDM tem um repositório para armazenamento de dados e arquivos CAD / CAM, revisões, especificações, documentação e padrões de informações e requisitos para fabricação, cálculos, ilustrações e fornecedores. Os programas PDM estão cada vez mais sendo usado para promover um design sistemático, modular e de baixo custo de fabricação de produtos [23]. Para desenvolver um modelo DFMA-PDM integrado para estruturas soldadas, os aspectos DFMA do projeto de soldagem e estágios de soldagem devem primeiro ser cuidadosamente definidos. Então, os aspectos de DFMA devem ser considerados em relação aos dados técnicos do

sistema PDM. A Figura 1 mostra os fatores no DFMA de estruturas soldadas [23].

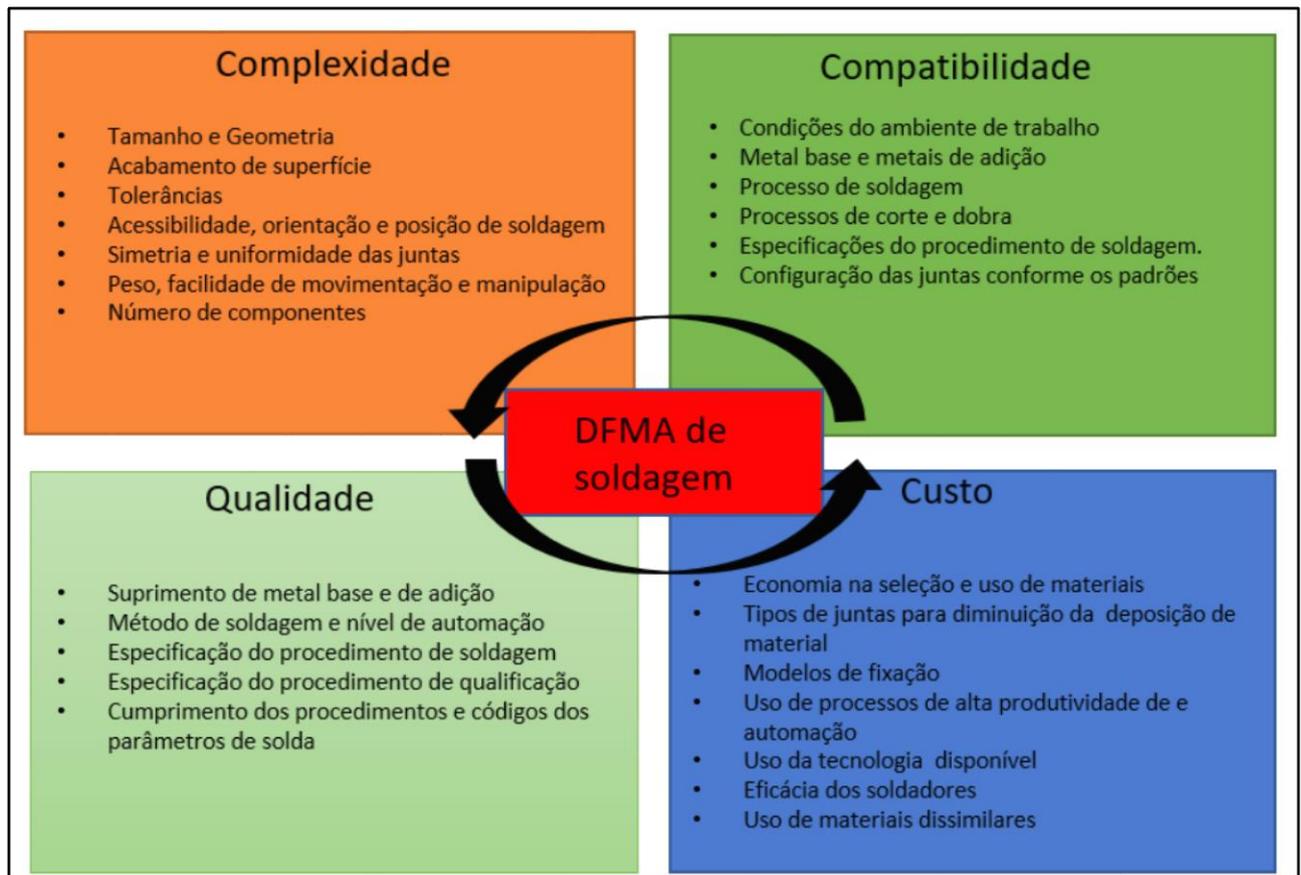


Fig. 1:DFMA de estruturas soldadas

As ferramentas acima citadas e explicadas de forma breve têm o objetivo de, no conceito de I4.0 fornecer informações e dados para programação células produtivas (aqui relacionadas a soldagem) de forma clara e facilitada permitindo a integração e interação entre equipamentos que compõem a cadeia produtiva industrial.

Atualmente, a grande maioria das empresas usam programas CAD para projetar seus produtos e estas informações de arquivos CAD podem ser usadas para gerar programas de soldagem de robô. permite ao usuário trabalhar no arquivo CAD, definindo a soldagem, caminhos de soldas, e organizá-los na sequência desejada. Quando a definição estiver completa, um pequeno programa o converte em comandos de robô que pode ser imediatamente testado para ajuste detalhado.

C. Variáveis do Processo de soldagem Robotizado

A robotização apresenta-se como uma técnica alternativa, capaz de revigorar a competência produtiva e qualitativa da soldagem. Sendo assim, é importante que se revejam as técnicas e recursos destinados à implantação de tal automação. Contudo a inexistência de estratégias bem elaboradas, direcionadas ao enfrentamento das dificuldades inerentes à utilização de novas ferramentas, pode levar à frustração das expectativas. A aplicação da automação exige na maioria dos casos a adequação dos procedimentos operacionais da empresa à nova realidade a ser implantada [29].

Estarão em foco, na implantação da nova tecnologia, muitos outros aspectos, que dizem respeito a uma nova forma de organizar, planejar e monitorar a produção, já que os sistemas de controle produtivo, tradicionalmente utilizados na soldagem manual, são insuficientes para a soldagem robotizada [30].

Na figura 2, podemos observar as dimensões orientativas a serem consideradas na escolha do robô de soldagem a partir de sua aplicação:

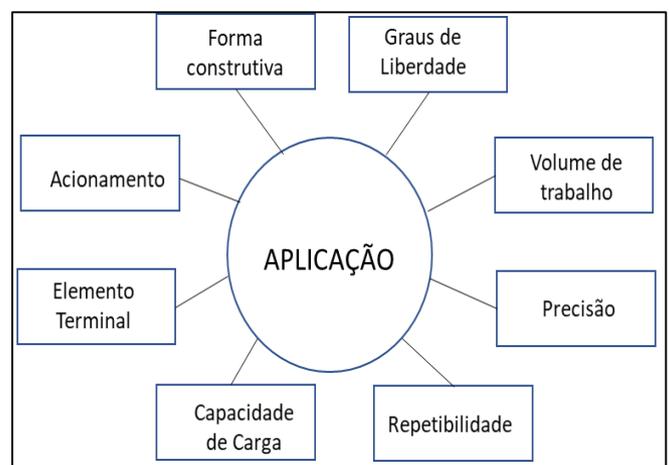


Fig. 2: Dimensões da escolha de um robô de soldagem

Fatores importantes que devem ser considerados com muito cuidado, no momento de definições, são: a escolha do produto a ser fabricado, bem como a avaliação correta dos recursos financeiros a serem empregados. Além disso, é fundamental que se estudem maneiras de otimização dos processos anteriores a soldagem, tais como fabricação e preparação das peças que compõem o produto a ser soldado (corte, prensagem, dobramento) [30]. Verificada a viabilidade da aplicação da soldagem robótica deve-se avaliar o sistema automatizado como um todo para que a decisão se baseie nas reais necessidades da empresa. Além de custos unitários competitivos, sistemas robóticos de soldagem trazem outras vantagens, como melhorias de produtividade, segurança, qualidade de solda, flexibilidade e utilização do espaço de trabalho e custos de mão de obra reduzidos [31].

D. Evolução dos sistemas de Soldagem robotizados rumo a I4.0

A soldagem robótica é parte integrante da fabricação industrial avançada e considerada a principal símbolo da tecnologia de soldagem moderna [32]. As primeiras aplicações da solda robótica, a chamada primeira geração sistemas de soldagem robótica, o processo foi realizado como um sistema de solda de duas passagens, em que a primeira passagem foi dedicada a aprender a geometria da costura e em seguida, a soldagem da costura na segunda passagem. Com desenvolvimentos em tecnologia veio a segunda geração de soldagem robótica sistemas, que rastreavam a costura em tempo real, realizando simultaneamente a aprendizagem e o rastreamento fases. A mais recente tecnologia em soldagem robótica os sistemas de terceira geração, em que o sistema não só opera em tempo real, mas também aprende a mudança rápida geometria da costura durante a operação dentro de ambientes estruturados [33].

Seguindo o caminho da evolução dos sistemas de soldagem robotizada nos deparamos com a utilização de sensores e sistemas de visão de alta capacidade de resolução e tempo de

resposta. Problemas como erro de posicionamento da tocha e solda insatisfatória podem ser tratados facilmente com o uso de sensores para rastreamento de costura e inspeção de poça de fusão [34]. A integração do sensor com o robô manipulador pode melhorar o processo de soldagem de forma inteligente [35]. Um breve resumo da inserção da soldagem robotizada na I4,0 pode ser vista na figura 3 [36].

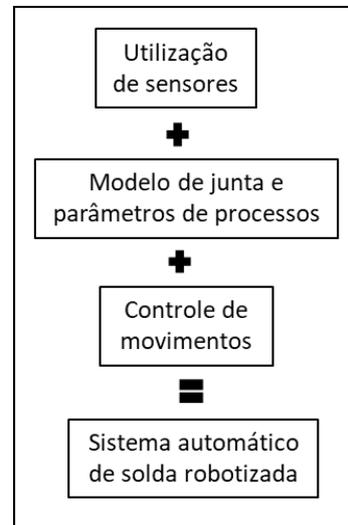


Fig. 3: Soldagem robotizada na I 4.0

Os sensores utilizados no controle de trajetória do robô na soldagem são geralmente baseados em detecção de arco e detecção óptica, porém outros sensores também estão disponíveis no mercado entre eles sensores infravermelhos, sensores de ultrassom e sensores eletromagnéticos. Cada tipo de sensor apresenta suas características e particularidades de funcionamento- basicamente de contato através do fio de solda e de não contato- conforme a figura 4 [36]

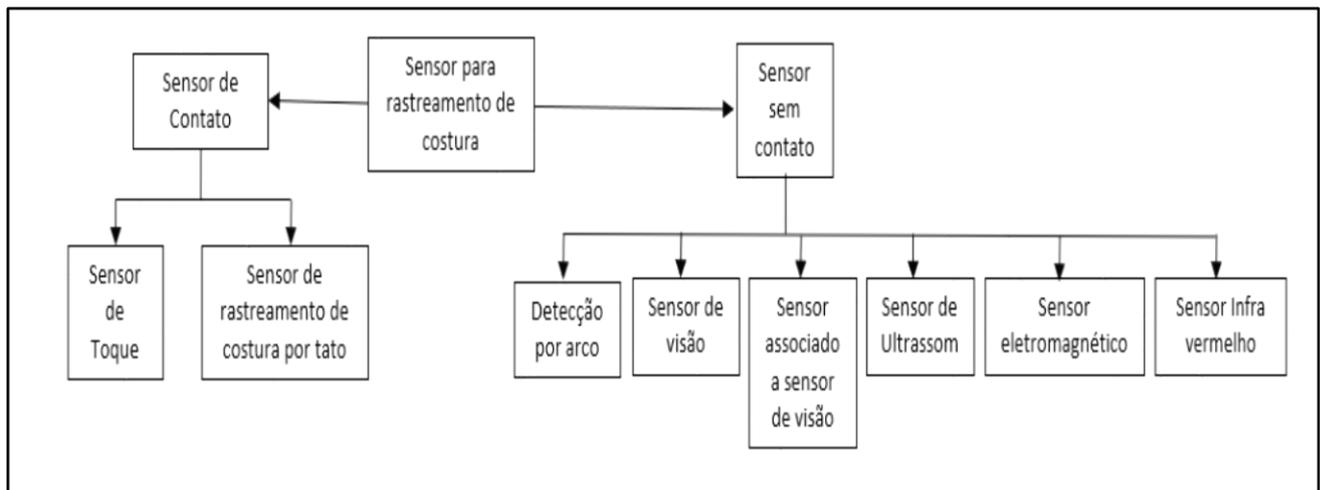


Fig. 4: Funcionamento sensores de solda

Enquanto sensores de contato possuem arquitetura simples e volta basicamente para atender o processo de soldagem, os sistemas de visão por câmeras e a laser são de construção mais complexa e necessitam maior capacidade de processamento de dados, Os *inputs e outputs* podem ter interação com dados extraídos do sensoriamento de outros equipamentos o que nos

remete a essência da I4,0 cuja abordagem está essencialmente orientada para a digitalização dos processos produtivos. A introdução de conceitos tais como Internet das Coisas, “*Cloud Manufacturing*”. Este conceito traduz-se numa aproximação entre os processos de produção físicos e os processos de informação e comunicação que são fornecidos por tecnologias

que atuam através de sistemas integrados, sensores e dispositivos móveis capazes de comunicar entre si através da Internet. O fluxo de dados é partilhado em tempo real e em redes entre máquinas, robôs e sistemas logísticos, permitindo antever falhas e adaptar a produção a novos cenários. Cria-se assim uma nova forma de produzir que vai permitir responder

às necessidades especiais de cada cliente, convergindo para os requisitos de qualidade e cumprimento de tempos de entrega [37].

A figura 5 nos traz uma ideia do funcionamento de um sistema de visão para soldagem robotizada [38].

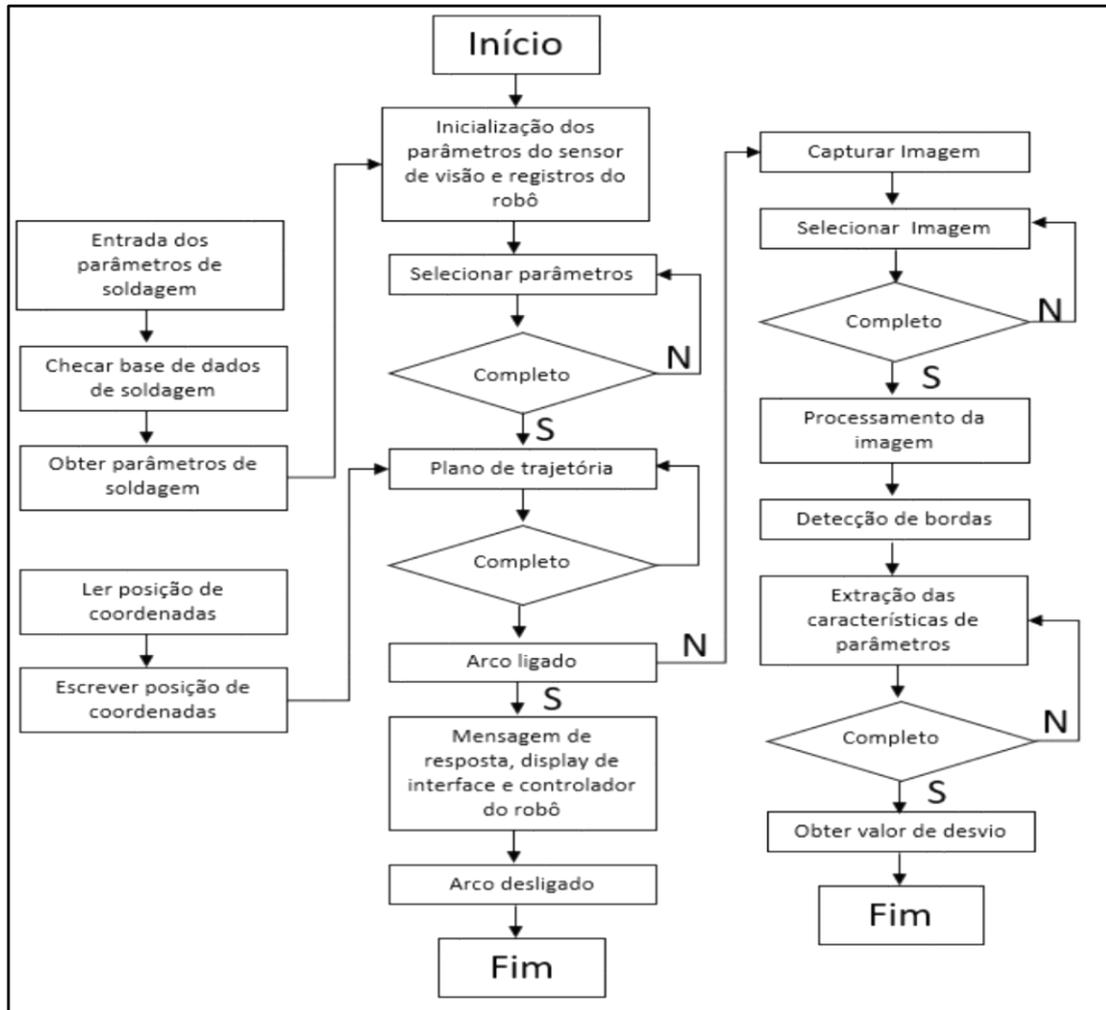


Fig. 5: Funcionamento de um sistema de visão

É observado que o uso real de sensores em processos de soldagem é bastante baixo, exceto para soldagem robotizada de alta qualidade e requisitos de tolerância [39].

III. MATERIAL E MÉTODOS

O objetivo deste trabalho é a avaliação da aplicabilidade de um modelo de maturidade conhecido a avaliação de um processo de soldagem robotizada. A estrutura básica deste estudo está baseada no modelo CMMI, resultado da integração de três modelos [40]: o CMM para software, uma estrutura para engenharia de sistemas e uma estrutura de maturidade para produtos e processos integrados desenvolvimento. Esta estrutura é considerada capaz de orientar o processo de melhoria para projetos que não sejam

somente de engenharia de software conforme conceito proposto pelo CMM. No modelo proposto organização se move para um nível de maturidade mais alto se todas as áreas de processos estiverem atendendo aos seus objetivos específicos e genéricos.

A ideia básica por trás dos níveis de maturidade é que quando os processos se tornam padronizados, eles podem ser controlados porque a variação é reconhecida. Melhoria significativa dos processos só pode ser alcançada se os processos forem medidos quantitativamente.

Seguindo o modelo CMMI, com as 25 melhores práticas do modelo agrupadas em 20 Áreas de Prática, também chamadas de PA (Practice Area). Estas áreas estão representadas na figura 6 [41].

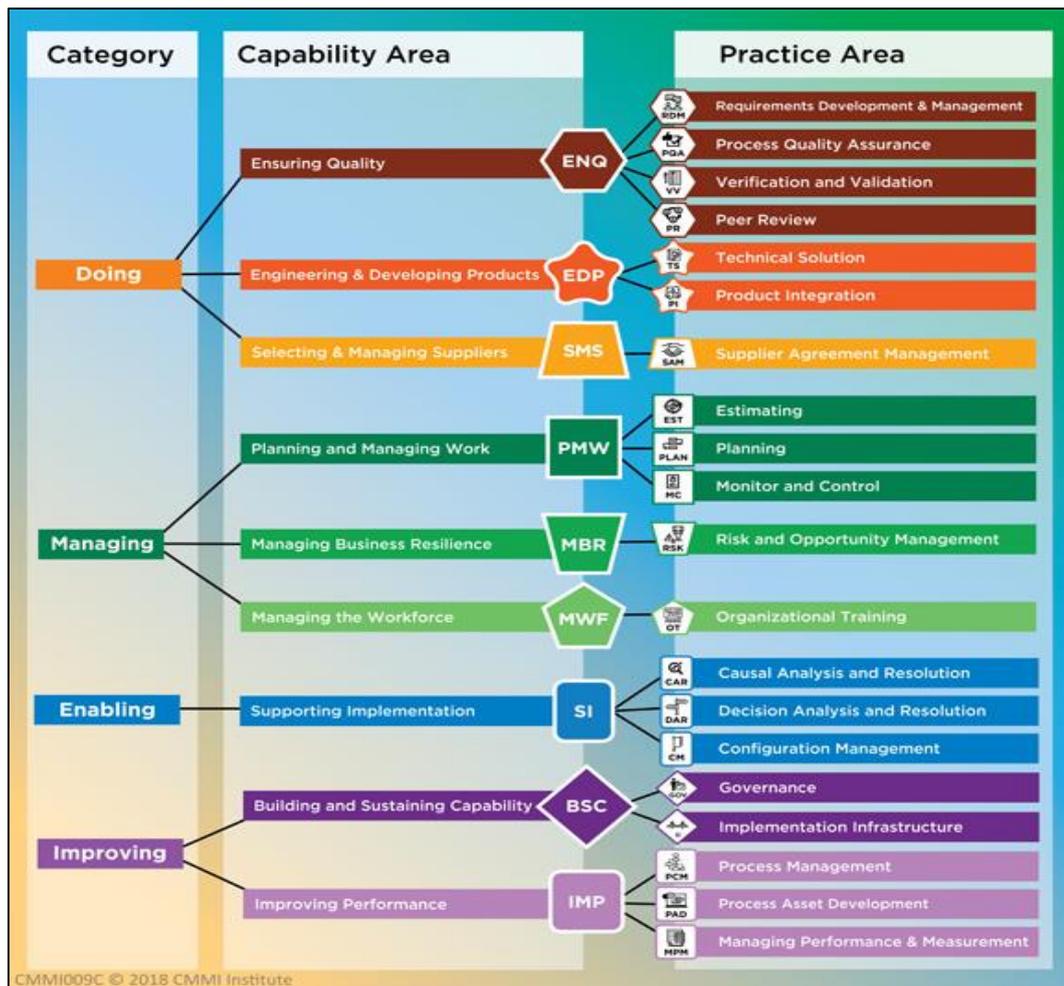


Fig. 6: Áreas de práticas do modelo CMMI

Inicialmente desenvolveu-se uma planilha relacionando os níveis de maturidade, as áreas de capacidade e as áreas de prática conforme demonstrado no Apêndice I. Após esta etapa foi realizado o desdobramento das áreas de práticas propostas pelo modelo CMMI em o que nomeou-se de Áreas de convergência para projetos de solda robotizada, ou seja, fez-se uma relação das áreas do modelo com o que é aplicável em um projeto de solda robotizada. Na sequência elaborou-se um questionamento sobre o nível de importância e a aplicabilidade que podem ser atribuídos a cada uma das áreas de convergência propostas. Esta avaliação foi enviada a 12 pessoas para que respondessem o questionário de forma objetiva conforme escolhas apresentadas abaixo:

Importância:

- 1-Nenhuma importância
- 2- Pouca importância
- 3- Média Importância
- 4- Alta Importância

Aplicabilidade:

- 1-Nenhuma Aplicabilidade
- 2- Pouca Aplicabilidade
- 3- Média Aplicabilidade
- 4- Alta Aplicabilidade

Importância refere-se a relevância que o tema tem no universo da elaboração de projetos e aplicação de solda robotizada, enquanto a aplicabilidade refere-se ao grau de aproximação da dimensão proposta com a realidade da soldagem robotizada.

Os respondentes da pesquisa estão distribuídos da seguinte forma: 3 diretores de empresas do ramo, 3 profissionais técnicos responsáveis pelas áreas, 3 vendedores e representantes comerciais e 3 usuários de sistemas de soldagem automatizados. O objetivo desta distribuição é avaliar se existem diferentes pontos de vista em diferentes níveis de envolvimento com o processo.

Serão considerados aplicáveis as áreas de prática do modelo CMMI em convergência com o de Áreas de convergência para projetos de solda robotizada, que atingirem médias acima de 3 pontos, ou seja, média aplicabilidade. O mesmo ocorrerá no requisito aplicabilidade, onde será considerado aplicável os enunciados que atingirem média acima de 3 correspondente a média aplicabilidade.

Elaborou-se ainda uma proposta de avaliação aplicável a avaliação tanto de empresas que produzem sistemas automáticos ou robotizados, quanto a utilizadores de tais sistema. Esta avaliação consiste em uma pergunta originária da área de convergência do modelo CMMI com os

processos de soldagem. Esta etapa tem como objetivo avaliar futuramente o posicionamento das empresas dentro das dimensões e níveis de maturidade propostos pelo modelo CMMI. O questionário foi elaborado da seguinte forma: uma introdução a dimensão e três possíveis complementos ao enunciado inicial. A cada um dos possíveis complementos foram atribuídas notas de 0 a 10 conforme mostrado a seguir na figura 7.

Como métrica de avaliação para as notas atribuídas foram usados os seguintes critérios:

Nível 1

Nota 0 – 2: Indica que a empresa não completou o nível anterior e deve retornar para ele.

Nível 2

Nota 3 – 6: Indica que a empresa está no caminho para concluir e fixar este nível.

Nível 3

Nota 7 – 10: Indica que a empresa está em fase final de conclusão de nível e já deve ensaiar passos para o próximo nível.

Pergunta	Complemento										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Enunciado											
	Complemento 1			Complemento 2				Complemento 3			

Fig. 7: Ilustração da distribuição de notas

IV. RESULTADOS

Os resultados obtidos nas pesquisas individuais foram condensados conforme mostra a tabelas, representando importância e aplicabilidade respectivamente. As colunas identificadas como MD (média dos diretores), MV (média dos vendedores), MT (média dos técnicos) e UM (média dos utilizadores) representam as médias de cada área de convergência para cada grupo conforme descrito no capítulo III. A coluna Média são os valores referentes as médias aritméticas de todos os respondentes para cada uma das áreas de prática, e conforme descrito anteriormente indicará se área de convergência proposta entrará ou não no modelo de maturidade. A linha “Média geral das notas por grupo de entrevistados” representa a média das notas de todas as áreas de convergência dentro de cada grupo de entrevistados, conforme descrito na seção III.

Área de Convergência para Soldagem Robotizada	Nível de importância atribuído					Nível de aplicabilidade atribuído				
	MD	MV	MT	MU	Média	MD	MV	MT	MU	Média
Documentação e planos de controle	4,0	3,5	3,8	3,8	3,8	4,0	3,3	4,0	3,0	3,6
Sistemas de controles utilizados durante a soldagem	4,0	3,5	3,8	3,8	3,8	3,7	4,0	3,7	3,3	3,7
Sistemas de controles utilizados pós soldagem	3,3	3,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,0	3,7	2,0	3,0
Capabilidade, rastreabilidade e repetibilidade	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,7	4,0	2,3	3,5
Tipo de tecnologia aplicada coerente com demanda	3,3	2,5	2,9	2,9	2,9	3,0	3,3	3,3	3,0	3,2
Aplicação de conceitos de DFMA e PDM	3,7	3,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,0	2,3	3,0
Estabelecimento dos requisitos do equipamento a ser fornecido	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,3	3,8
Avaliação da aplicação do conceito definido em outras demandas	3,3	3,0	3,2	3,2	3,2	3,3	2,7	3,7	3,3	3,3
Escolha do fornecedor do equipamento	4,0	3,5	3,8	3,8	3,8	4,0	3,0	4,0	2,7	3,4
Contratos de manutenção, disponibilidade e lucro cessante	3,3	4,0	3,7	3,7	3,7	3,3	3,3	3,3	2,7	3,2
Análises realizadas pré aquisição dos equipamentos	3,7	4,0	3,8	3,8	3,8	3,7	3,3	3,3	2,7	3,3
Sequenciamento de produtos, setups, sistemas de troca rápida	3,3	3,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,7	3,3	3,4
Medição de eficiência e produtividade do equipamento	3,7	3,0	3,3	3,3	3,3	3,0	3,0	3,3	3,0	3,1
Avaliação técnica pré implementação do conceito de soldagem automatizada	3,3	3,0	3,2	3,2	3,2	3,3	2,7	3,7	3,3	3,3
Análise preliminar de riscos	3,3	4,0	3,7	3,7	3,7	3,7	4,0	4,0	3,0	3,7
Definição de estratégia para passos futuros	3,7	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,0	3,3	2,7	3,2
Treinamento dos operadores de Soldagem	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0	3,8
Suporte do fornecedor na implementação e resolução de problemas	3,7	4,0	3,8	3,8	3,8	3,7	3,3	3,3	3,7	3,5
Aplicação de modelos existentes de apoio a tomada de decisão	3,7	2,5	3,1	3,1	3,1	3,3	2,7	3,3	2,7	3,0
Suporte do prestador na escolha do equipamento correto	3,3	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,0	3,3	3,7	3,3
Importância dada e suportada por níveis superiores (gerência e diretoria)	3,3	3,0	3,2	3,2	3,2	3,3	2,7	3,3	2,7	3,0
Suporte de treinamentos e Engenharia de aplicação na implementação	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Medição dos objetivos propostos e dos executados	4,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,7	2,7	3,7	3,0	3,3
Melhorias implementadas nos processos existentes	3,7	3,0	3,3	3,3	3,3	3,3	2,3	3,7	4,0	3,3
Comparativo de resultados previstos x alcançados	3,3	3,5	3,4	3,4	3,4	3,7	3,0	3,3	4,0	3,5
Média geral por grupo de entrevistados	3,6	3,4	3,5	3,0		3,5	3,2	3,6	4,0	

Tabela 1: Condensação dos resultados da pesquisa de importância e aplicabilidade atribuídas

Com base na tabela 1 é possível identificar que houve maior importância atribuída aos itens propostos por parte da gestão das empresas que produzem sistemas de soldagem robotizada e dos técnicos que atuam no desenvolvimento e aplicação destas soluções. Já na outra extremidade temos os utilizadores destes sistemas o que demonstra uma desconexão entre o que está sendo proposto e a maneira

como está sendo utilizado o conceito. Da mesma forma que observamos comportamentos distintos na importância dos itens apontados, encontramos a mesma curva de comportamento quanto a aplicabilidade dos itens, obtendo maior média entre diretores e técnicos.

O gráfico 1 mostra que o comportamento das respostas obtidas entre os diferentes grupos de respondentes tem

comportamentos similares quando comparamos as médias obtidas de aplicabilidade e importância. Esta média corresponde ao valor médio das 25 notas obtidas em cada uma das áreas de convergência.

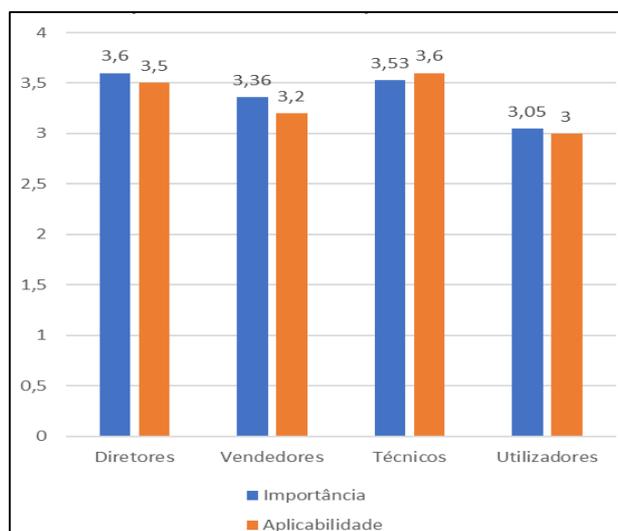


Gráfico 1: Comparativo de resultados de aplicabilidade e importância.

Com base neste gráfico nota-se a diferença entre a média de respostas de Diretores técnicos para cima e de utilizadores para baixo, chegando ao valor mínimo aceitável para a validação da área de convergência. Isso acontece porque muitas empresas utilizadoras olham somente para meios de adotar a tecnologia capaz de fazer a robotização funcionar, mas esquecem de como replicar de maneira eficaz esses modelos por toda a companhia por exemplo, conforme evidenciado no item “Definição de estratégia para passos futuros”, onde observa-se média 3,7 para diretores e 2,7 para utilizadores. Outro fator é a falta de seguir o passo à passo da implementação, onde é feita uma análise do impacto da robotização na empresa, em seguida, são desenhados os modelos organizacionais capazes de apoiar a evolução de sistemas de soldagem robotizada e identificar as pessoas responsáveis por trazer a máxima eficiência da robotização ao longo do tempo. Geralmente vai-se direto a implementação do sistema sem avaliar o ambiente como um todo, conforme sugere o Modelo de Maturidade proposto neste artigo.

V. CONCLUSÕES

O objetivo deste do artigo foi desenvolver um modelo de maturidade para processos de soldagem robotizada. A partir da literatura existente foi identificado o modelo base o qual foi adaptado e validado para o contexto de utilização na avaliação da maturidade de projetos de soldagem robotizada englobando planejamento, construção, aplicação, validação e medição.

Com base nos resultados obtidos nas pesquisas aplicadas o modelo mostra-se consistente nos quesitos aplicabilidade e importância, pois todos obterem média acima de 3, ou seja, de média para alta importância, seguindo a proposta de avaliação estabelecida no capítulo III.

O estudo realizado oferece um resumo sistemático da pesquisa do modelo de maturidade. Os profissionais que planejam usar um modelo de maturidade podem usar o estudo como ponto de partida para identificar quais modelos de maturidade são adequados para seu domínio, onde existem limitações e necessidade de adequações. A estrutura de pesquisa proposta apoia os pesquisadores na categorização de seus próprios projetos.

Conforme [19], Objetivo de avaliação da Maturidade deve permitir a avaliação da Maturidade de diferentes Dimensões, entre eles tecnologias, sistemas, processos, pessoas e força de trabalho e gestão de recursos e conhecimento, conforme as áreas de convergência para o processo de soldagem demonstradas e abrangidas neste trabalho.

Com a aplicação dos modelos de maturidade é possível que as empresas do ramo de automação de soldagem obtenham vantagens competitivas como as citadas abaixo, através do direcionamento dos esforços, atuando em frentes que realmente agreguem valor aos produtos do cliente. Entre as vantagens competitivas originadas a partir da utilização do modelo de maturidade e percebidas neste estudo pode-se citar:

- Desenvolvimento de estruturas de governança;
- Padronização e Integração de Processos;
- Utilização de Métricas de Desempenho;
- Controle e Melhoria Contínua de Processos;
- Priorização de Projetos e alinhamento com a estratégia organizacional;
- Utilização de critérios para continuação ou término de Projetos;
- Medir como está a maturidade de Gerenciamento de Projetos.

Conforme [18] é possível identificar que o presente modelo de maturidade se apresenta como descritivo, onde é possível identificar o nível que a organização se encontra, não apresenta formas de melhorias da maturidade, não tem relações com o desempenho e é utilizado para avaliar a fotografia atual da empresa.

No modelo fica evidenciado a necessidade de aplicar o DFMA que enfatiza a responsabilidade do designer para garantir a funcionalidade, confiabilidade, fabricação e viabilidade do projeto [26], como forma de diagnosticar e tratar possíveis incompatibilidades do projeto do produto com o processo de fabricação.

Para pesquisas futuras sugere-se a ampliação do número de entrevistados afim de comprovar a aplicabilidade do estudo de maturidade em projetos de soldagem robotizada. Também poderá ser proposto um maior detalhamento do questionário das dimensões propostas em cada nível. Continuando em linhas de trabalhos futuros propõe-se a aplicação do questionário para validação do nível de maturidade da organização objeto do estudo.

VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] A.Y. Chang, and Y. T. Cheng, “Modelo de análise do desenvolvimento sustentável da manufatura pequenas e médias empresas em Taiwan”. *Journal of Cleaner Production*, vol. 207, no. 10, pp. 458–473, 2019.

- [2] H. L. Corrêa, and C. A. Corrêa, “Administração de produção e operações: manufatura e serviços. Uma abordagem estratégica”, 2. ed, São Paulo: Atlas, 2010
- [3] W. Skinner. “Manufacturing: missing link in corporate strategy”. *Harvard Business Review*, vol. 47, no. 3, pp. 136-145, 1969.
- [4] W. Skinner. “The focused factory”. *Harvard Business Review*, vol.52, no. 3, pp. 113-121, 1974.
- [5] N. Slack. “Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais”. São Paulo: Atlas, 1993
- [6] J. Zhou, “Digitalization and intelligentization of manufacturing industry,” *Adv. Manuf.*, Vol. 1, no. 1, pp. 1-7, 2013.
- [7] G. Lanza, B. Haefner and A. Kraemer, “Otimização de seletiva montagem e manufatura adaptativa por meio de sistema ciber-físico correspondência baseada”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, vol. 64, nº1, pp. 399–402, 2015.
- [8] ISO / TR. 25901-1: 2016 — Welding and Allied Processes — Vocabulário — Parte 1: Termos Gerais; Internacional Organização para Padronização: Genebra, Suíça, 2016.
- [9] Y. Hong, B. Chang, G. Peng, Z. Yuan, X. Hou, and B. Xue. Du, “In-Process Monitoring of Lack of Fusion in Ultra-Thin Sheets Edge Welding Using Machine Vision”. *Sensors 2018*, pp 18, 2018.
- [10] J. Zeng, B. Chang, D. Du, L. Wang, S. Chang, Peng, and G. Wang, “A Weld Position Recognition Method Based on Directional and Structured Light Information Fusion in Multi-Layer/Multi-Pass Welding”. *Sensors*, pp.18- 129. 2018.
- [11] G. Reinhart, C. Patron, “Integrating Augmented Reality in the Assembly Domain-Fundamentals, Benefits and Applications,” *CIRP Annals*, vol. 52, no. 1, pp. 5-8, 2003.
- [12] A. Schumacher, S. Erol, and W. Sihm, “A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises”, *Procedia Cirp*, vol. 52 no. 1, pp. 161-166. 2016.
- [13] J. A. Simpson, E. S. C. “A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises”, *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 161-166, 2016.
- [14] M. Kohlegger, R. Maier, and S. Thalmann, “Understanding Maturity Models Results of a structured Content Analysis,” presented at the *IKNOW '09 and I-SEMANTICS '09*, Graz, Austria, 2009.
- [15] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, “Design science in information systems research”. *MIS quarterly*, pp. 75-105. 2004.
- [16] S.T. March, and G. Smith. “Design and natural science research on information technology”, *Decision Support Systems*, vol.15, no. 4, pp. 251–266, 1995.
- [17] G. Klimko, “Knowledge management and maturity models: building common understanding”, *Proceedings of the 2nd European Conference on Knowledge Management*, pp. 269–278, 2001.
- [18] T. DE BRUIN, et al. “Understanding the main phases of developing maturity assessment model”. 2005”
- [19] D. RABER, R. WINTER and F. WORTMANN, “Using quantitative analyses to construct a capability maturity model for business intelligence”, *System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on. IEEE*, pp. 4219-4228, 2012.
- [20] SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE (SEI), “CMMI for Development - Version1.3 (CMMI-DEV, V1.3): Improving Processes for Developing Better Products and Services”. *Carnegie Mellon University*, pp. 482, 2010
- [21] LITO, Ana LF Software Certification Management System - CMMI. 163f. Dissertation (Master in Electronic Engineering and Telecommunications) -Department of Electronics, Telecommunications and Informatics, University of Aveiro, Portugal, 2009.
- [22] V. Riboulet, P.R. Marin, S. Gowers, and F. Wurtz, “A framework supporting collaborative optimisation for multi professional design teams, Advances” *Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 123–134, 2005.
- [23] H. Eskelinen, “Aspects of integration between DFMA approaches and PDM data”, *Proceedings of the PDM2013 Conference, Lappeenranta*, 2013.
- [24] K.H. Chen, S.J. Chen, and L. Lin, S.W. ‘Changchien, An integrated graphical user interface (GUI) for concurrent engineering design of mechanical parts’, *Comput. Integr. Manuf. Syst.* Vol. 11, pp. 91–112, 1998.
- [25] P. Selvaraj, P. Radhakrishnan, and M. Adithan, “An integrated approach to design for manufacturing and assembly based on reduction of product development time and cost”, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 42, pp. 13–29, 2009
- [26] H. Eskelinen, “Review of traditional DFMA principles, Advanced Approaches to Analytical and Systematic DFMA Analysis’, *Lappeenranta University of Technology*, pp. 6–30, 2013
- [27] A. Salminen, J. Kara, M. Vattulainen, A. Piironen,” Product Design for Welding”, *Proceedings of the 36th International MATADOR Conference*, 2010.
- [28] B. Gascoigne, “PDM: the essential technology for concurrent engineering”, *World Class Design to Manufacture*, vol. 2 no.1, pp. 38–42, 1995.
- [29] M. S Salerno, Flexibilidade, “Organização e Trabalho Operatório: Elementos para Análise da Produção na Indústria”. *Tese de Doutorado, São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, 1991.
- [30] M. A. Tremonti, “Incorporar a Robótica Aplicada à Soldagem: As Questões Organizacionais para se Obter Sucesso”. *Departamento de Soldagem da Fatec*. São Paulo, 2000.
- [31] Robot Welding, “Benefits of robotic welding,” [Online]. Available: <http://www.robotwelding.co.uk/benefits-of-robot-welding.html>. [Accessed 4 outubro 2020].
- [32] H. Cui, J. Dong, G. Hou, Z. Xiao, Y. Chen, and Z. Zhao, “Analysis on arcwelding robot visual control tracking system”, *International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE)*, 2013.
- [33] J.N. Pires, A. Loureiro, T. Godinho, P. Ferreira, B. Fernando, and J. Morgado, “Welding robots,” *IEEE Robotics & Automation Magazine*, pp. 45–55, 2003.
- [34] L. Sweet, “Sensor-based control systems for arc welding robots”, *Robot. Comput. Integr. Manuf.* Vol. 2, no.2. pp. 125–133, 1985.
- [35] A. Bauchspiess, S.C.A. Alfaro, and L.A. Dobrzanski, “Predictive sensor guided robotic manipulators in automated welding cells”, *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 109, no. 1, pp. 13–19, 2001.
- [36] A. Rout, B. B. V. L. Deepak, and B. B. Biswal, “Advances in weld seam tracking techniques for robotic welding: A review”, *Robotics and computer-integrated manufacturing*, vol. 56, pp. 12-37, 2019.
- [37] J. M. Ribeiro, “O conceito da indústria 4.0 na confecção: análise e implementação” *Doctoral dissertation*, 2017.
- [38] Y. Xu, N. Lv, G. Fang, S. Du W. Zhao, Z. Ye, S. Chen, “Welding seam tracking in robotic gas metal arc welding”, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 248, pp. 18-30, 2017.
- [39] J. Noberro Pires, G. Bolmsjö, M. Olsson, “Sensors in robotic arc welding to support small series production”, *Ind. Robot*, vol. 32, no.4, pp. 341–345, 2005.
- [40] D.M. Ahern, A. Clouse, and R. Turner, CMMI Distilled. “A Practical Introduction to Integrated Process Improvement”, *Boston, MA: Addison-Wesley*, 2004.
- [41] Isdbrasil, “CMMI-Dev V2.0 Potencializando benefícios para sua organização”, [Online]. Available: <http://www.isdbrasil.com.br/artigos/cmmi2.0.php>, [Accessed 15 outubro 2020].

VII. APÊNDICE

Apêndice I – Estrutura geral do formulário aplicado na pesquisa

Categoria	Área de capacidade	Área de Práticas	Área de Convergência para Soldagem Robotizada	Pergunta	Complemento										Nível de importância atribuído	Nível de Aplicabilidade atribuído	Comentários	
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10
Fazer - N2	Garantia de Qualidade	Desenvolvimento e Gestão de Requisitos	Documentação e planos de controle	Em relação a documentação e planos de controle....	A empresa desconhece e não aplica / A empresa conhece e aplica de forma simples e constante / A empresa tem em seu DNA a aplicação													
		Garantia de Qualidade do Processo	Sistemas de controles utilizados durante a soldagem	Durante o processo de soldagem, controles ...	São pouco utilizados / Utilizados de forma reativa / Utilizados de forma preventiva e armazenados													
		Verificação e Validação	Sistemas de controles utilizados pós soldagem	Após o processo de soldagem, controles ...	Não são utilizados / Utilizados porém sem armazenamento de dados / Utilizados e armazenados													
		Revisão por Par	Capabilidade, rastreabilidade e repetibilidade	Em relação a aquisição destes dados....	Não armazena ou armazena parcialmente / Armazena mas não produz informações a partir deles / Armazena, produz informação e utiliza em estudos futuros													
	Engenharia e Desenvolvimento de produtos	Solução Técnica	Tipo de tecnologia aplicada coerente com demanda	Em relação a aplicação da tecnologia....	Não são considerados indicadores de custo benefício / São utilizadas somente soluções padrões de mercado / São desenvolvidos produtos específicos para a aplicação afim de obter o melhor custo benefício													
		Integração do Produto	Aplicação de conceitos de DFMA e PDM	A empresa...	Aplica em poucos projetos o conceito / Aplica em todos os projetos mas não tem nada estruturado e documentado / Aplica em todos os projetos de maneira estruturada													
	Prestação e Gestão de Serviços	Gestão de Prestação de Serviço	Estabelecimento dos requisitos do equipamento a ser fornecido	O estudo dos requisitos do equipamento....	Não é feito ou feito parcialmente / Feito de forma estruturada sem envolvimento do fornecedor / Feito de forma estruturada em parceria com o fornecedor fornecedor													
		Gestão Estratégica de Serviço	Avaliação da aplicação do conceito definido em outras demandas	Recursos, conceitos e equipamentos disponíveis....	Não são considerados em um novo desenvolvimento / São utilizados de forma idêntica a existente / São utilizados a partir de estudos e avaliações criteriosos buscando a melhoria													
	Seleção e Gestão de Fornecedores	Seleção de Fornecedor	Escolha do fornecedor do equipamento	A escolha de fornecedor é feita de forma....	Aleatória com critérios de pouca relevância / De forma estruturada com critérios previamente definidos com base no conhecimento intrínico / Com métodos e modelos de apoio a tomada de decisão													
		Gestão de Contrato de Fornecedor	Contratos de manutenção, disponibilidade e lucro cessante	Em relação ao fornecedor de equipamento....	Não são estabelecidos critérios de disponibilidade durante a utilização do equipamento / os critérios estabelecidos permitem duplicidade de interpretação / Existem critérios específicos registrados em contrato em relação as obrigações do fornecedor													
	Administrar - N3	Planejamento e Gestão do Trabalho	Estimativa	Análises realizadas pré aquisição dos equipamentos	As análises realizadas antes da aquisição do equipamento....	Consideram somente dados atuais de produção e custos / Consideram dados históricos, estruturados e dados atuais / São baseados em histórico de dados, dados atuais e projetam valores futuros												
			Planejamento	Sequenciamento de produtos, setups, sistemas de troca rápida	Durante a utilização do equipamento buscando a melhor	Não existe planejamento e sequenciamento de produtos / Existe um planejamento prévio porém este sofre constantes modificações / O PPCP atua fortemente e não permite que fatores externos interfiram no planejamento												
Monitoramento e Controle			Medição de eficiência e produtividade do equipamento	Os indicadores de eficiência e produtividade do Equipamento....	São medidos de maneira superficial / são medidos conforme critérios pré estabelecidos / São medidos de acordo com critérios rigorosos e geram planos de ações caso não estejam em níveis aceitáveis													
Gestão da Resiliência dos Negócios		Gestão de Riscos e Oportunidades	Avaliação técnica pré implementação do conceito de de soldagem automatizada	A avaliação técnica....	é feita de forma impulsiva de modo a atender o desejo de alguém / Feita baseada em informações e dados aleatórios / Feita de maneira estruturada baseada em informações sólidas													
		Solução e Prevenção de Incidentes	Análise preliminar de riscos	Em relação a análise de risco de incidentes a empresa...	tem nenhum procedimento e não realiza esta avaliação / define um profissional que realiza a avaliação baseado em seu conhecimento / realiza a avaliação baseada em um processo estruturado e descrito em suas normas internas													
		Continuidade	Definição de estratégia para passos futuros	Os passos futuros...	Não são conhecidos / são conhecidos mas não considerados / são conhecidos e são parte integrante do modelo de tomada de decisão													
Gestão da Força de Trabalho		Treinamento Organizacional	Treinamento dos operadores de Soldagem	O treinamento é...	realizado uma vez e de forma básica / realizado e o conhecimento é transmitido dentro da empresa de um operador para outro / considerado parte integrante do equipamento, realizado frequentemente e documentado													
Habilitar - N4		Suporte à Implementação	Análise Causal e Resolução	Suporte do fornecedor na implementação e resolução de problemas	A empresa...	não considera esta opção / utiliza em alguns casos isolados / faz de forma simultânea entre fornecedor e empresa buscando o melhor resultado												
			Análise de Decisão e Resolução	Aplicação de modelos existentes de apoio a tomada de decisão	Os modelos de apoio a tomada de decisão....	não são utilizados em hipótese alguma / são utilizados em alguns casos / são a base para qualquer avaliação de tomada de decisão												
			Gestão de Configurações	Suporte do prestador na escolha do equipamento correto	Durante a etapa de concepção do equipamento....	a empresa não busca apoio de fornecedor para determinar o produto correto a ser adquirido / a empresa busca apoio apenas nas áreas que não possui conhecimento / a empresa possui fornecedores parceiro que a suportam na tomada de decisão e dimensionamento do equipamento												
Melhorar - N5		Sustentação do Hábito e Persistência	Governança	Importância dada e suportada por níveis superiores (gerencia e diretoria)	Em relação a gerencia...	ela não se envolve na tomada de decisão e apenas cobra resultados / ela se envolve em apenas determinados pontos / ela participa de forma ativa em todas as etapas do processo.												
			Infraestrutura de Implementação	Suporte de treinamentos e Engenharia de aplicação na implementação	Nesta etapa dentro da empresa...	Poucas áreas da empresa são envolvidas na implementação do equipamento / Todas as áreas são envolvidas porém somente após a instalação do equipamento / Todas as áreas afins são envolvidas em todas as etapas do desenvolvimento e instalação do equipamento												
	Melhoria do Desempenho	Gestão de Processos	Medição dos objetivos propostos e dos executados	Atos a implementação do equipamento de soldagem robotizado o a empresa	Não faz medição dos resultados alcançados / faz medição mas não compara com os esperados / Faz medições e compara com os resultados esperados. Se estes não forem condizentes elabora um plano de ação PDCA													
		Desenvolvimento de Ativos de Processos	Melhorias implementadas nos processos existentes	As melhorias de processo ...	Não são implementadas / São implementadas de forma parcial / São implementadas e medidas													
		Gestão de Desempenho e Medição	Comparativo de resultados previstos x alcançados	Os resultados obtidos com o Equipamento....	Não são medidos / São medidos porém não geram informações / São medidos e geram informações para o processo de melhoria contínua													