

PROJETO DE REINSTALAÇÃO DE UMA CÉLULA ROBOTIZADA PARA SOLDAGEM

Eduardo da Silva de Matos¹

Clauber Roberto Melo Marques²

Resumo: Este trabalho apresenta um projeto de reinstalação de uma célula de soldagem que havia sido desativada, buscando soluções para tornar a célula produtiva. Apresenta-se na revisão bibliográfica, o conceito da robótica para um entendimento e análise financeira, possibilitando a elaboração para reinstalação do mesmo conforme um layout projetado, buscando de forma eficiente o aumento da produtividade e redução nos custos de manutenção, instalação, montagem e até mesmo do processo. Foi possível reverter o valor presente de investimento através da análise financeira, reduzir em 62% os custos de instalação, aumentar a produtividade através do desenvolvimento do berço, e reduzir em até 16 paradas de máquina, com a utilização de arame em barrica.

Palavras-Chave: Robótica. Análise econômica. Otimização de processo.

1 INTRODUÇÃO

A robótica industrial vem crescendo anualmente devido aos avanços da tecnologia nos setores de automação e inteligência artificial. A era das fábricas inteligentes ou 4.0, está cada vez mais perto e a procura pela inovação é indispensável a fim de manter-se competitivo no mercado. O Brasil está longe da média, se comparado com o cenário mundial, onde foram comercializadas cerca de 381 mil unidades no mundo em 2019 e o Brasil participa com 2 mil unidades [1].

As indústrias investem constantemente em melhoria contínua de produtos e processos em suas fábricas com o objetivo de alcançar melhores resultados para a companhia.

¹ Graduando em Engenharia de Mecatrônica. Ano 2021-2. E-mail: eduardosilvamatoss@gmail.com

² Prof. Clauber Roberto Melo Marques. E-mail: Clauber.marques@satc.edu.br

Dentro das aplicações da Robótica existe o processo de soldagem robotizada, onde uma tocha similar a uma tocha manual, é fixada ao último elo do robô, sendo responsável por efetuar a solda que por sua vez é coordenada e controlada pelo sistema computadorizado.

A soldagem robótica pode facilmente simular os movimentos de um braço humano e ser capaz de operar em altas velocidades, mantendo a precisão e qualidade, entretanto, muitas vezes, não é possível substituir uma mão de obra humana, pelo simples fato de um robô de solda possuir baixa flexibilidade devido ao tempo de setup, o que torna inviável inseri-lo onde se possui grandes variedades de peças.

Diante desse fato, uma empresa da região, busca otimizar sua linha de produção com a reinstalação de uma célula robotizada que havia sido desativada devido à falta de planejamento e mão de obra qualificada para inserir o robô em sua linha de produção.

Portanto é necessário buscar através de análises e estudos a inserção da célula de soldagem robotizada, adequando de tal forma, a mesma ao layout fabril sem prejudicar o processo produtivo, garantindo o melhor fluxo de produção e a partir disso, analisar todos produtos comercializados pela empresa, demanda e tempo de processo para obter os produtos que passarão a ser produzidos no equipamento que eventualmente permitirão o desenvolvimento dos gabaritos a serem utilizados no equipamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÃO DE ROBÓTICA

Segundo a norma técnica ISO 8373 de 1994, “manipuladores robóticos, são definidos como uma máquina que consiste de uma série de segmentos deslizantes entre si, com finalidade de agarrar e mover objetos. O manipulador pode ser controlado pelo operador, por um controlador eletrônico programável ou qualquer sistema lógico” [2].

2.1.1 Conceito de um robô

De acordo com o escritor João Mauricio rosário [3], um robô possui características antropomórficas, constituindo de um braço mecânico e um cérebro, que controla as coordenadas de seus movimentos. O sistema computadorizado do Robô necessita de um programa, onde são armazenados na memória do computador. Quando o programa está sendo executado, os movimentos são transmitidos aos motores e realizando trabalho, gerando movimentos do braço mecânico.

2.1.2 Juntas Robóticas

O manipulador robótico é capaz de se movimentar devido a existências de eixos, que denominados juntas, possibilitam a união dos elos e permitindo executar movimentos. O movimento de uma junta pode ser linear, rotativo ou tipo bola [3].

- Junta Linear: A junta linear é composta de vínculos, onde o vínculo externo escorrega pelo vínculo interno permitindo o movimento linear.
- Junta rotativa: A junta rotativa é composta de dois elos que unidos por uma junta, possibilitam o movimento rotativo.
- Junta tipo Bola: A junta tipo bola encaixe comporta movimento de três juntas de rotação e permitem assim movimento rotativo nos três eixos.

O número de juntas de um robô determina a quantidade de graus de liberdade de um robô. Um robô de soldagem industrial possui 6 graus de liberdade, sendo 3 para posicionamento de ferramenta e 3 para para movimento dos eixos.

2.1.4 Geometria do robô

Dentre os diferentes graus de liberdade que um robô deve possuir podem ser encontrados diferentes combinações de configuração e que são conhecidos como a geometria do Robô e podem ser classificados segundo o número de juntas como:

- Robô de coordenadas prismático: Também conhecido pelo movimento de coordenada cartesiana, esses Robôs possuem juntas deslizantes e codificados como PPP (Prismático, Prismático, Prismático). É permitido movimento linear, horizontal e vertical. Esses robôs possuem coordenadas X, Y, Z. São caracterizados

pela sua alta rigidez mecânica e alta exatidão do atuador conforme a Fig. 01.

Figura 01: Robô de coordenada cartesiano

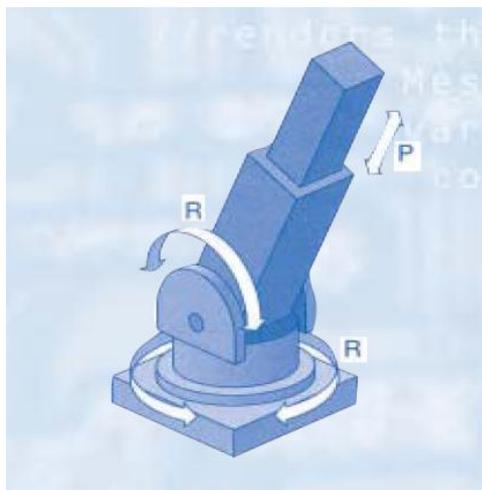


Fonte: Adaptado de [8] 2021.

- Robô de coordenada cilíndrica: O robô de coordenadas cilíndrica combina os movimentos lineares com os movimentos rotacionais, normalmente esse robô possui o movimento circular na cintura e os restantes movimentos lineares, estes tipos de geometria codificam como RPP (Rotacional, Prismático, Prismático). Esse tipo de robô possui um espaço de trabalho maior se comparado como robô de coordenadas cartesianas [3].

- Robô de coordenadas polares (Esféricas): Segundo Rosário [3], O robô de coordenadas polares possui movimentos rotacionais na cintura e no ombro e movimento prismático, sendo assim codificado como RRP (Rotacional, Rotacional, Prismático). Onde representam o movimento rotacional e prismático conforme a Fig. 02.

Figura 02: Robô de coordenadas esféricas



Fonte: Adaptado de [4] (2011).

- Robô de coordenadas de revolução: Segundo Rosário (2005). O robô de coordenadas de revolução se assemelha muito a um braço humano e são caracterizados por possuir três juntas de revolução e são codificados como RRR (Rotacional, Rotacional, Rotacional). A área de atuação desse tipo de robô é a mais utilizada na indústria, devido sua alta flexibilidade e espaço de trabalho conforme a Fig. 03.

Figura 03: Robô de coordenadas por revolução



Fonte: Adaptado de [8] (2021).

2.1.5. Efetuador final

O efetuador é fixado ao punho do robô e capacita o robô para realizar determinada tarefa. Exemplos de ferramentas terminais temos a pistola de solda, garras mecânicas, garras de vácuo, dispositivos magnéticos, dispositivos adesivos, garras duplas, garras com múltiplos dedos e etc. devido as diversas aplicações e tarefas atribuídas ao robô, fazendo necessário produzir de forma personalizada para cada aplicação [4].

2.1.6 Robô de soldagem MIG/MAG

As células de soldagem robotizadas constituem de um robô com coordenadas por revolução com seis graus de liberdade e utilizando como efetuador terminal uma pistola de soldagem e alguns aparatos de soldagem (Fonte de solda, controlador, Cilindro de gás e mecanismo de alimentação de arame) e um gabarito para posicionar as peças. O gabarito pode possuir um ou dois graus de liberdade, possibilitando diferentes métodos de soldagem, tornando possível a mudança do modo de soldagem, como por exemplo tornar a solda que seria vertical em uma solda horizontal. A seguir é possível analisar de forma mais ampla a construção e componentes que constituem um robô de solda, conforme a Fig. 04. .

Figura 04: Robô de soldagem



Fonte: De [5] (2021).

2.2 ANÁLISE ECONÔMICA

“O valor de um projeto depende da sua capacidade de gerar fluxos de caixa futuro, ou seja, depende do seu potencial de gerar renda econômica. Uma vez que as operações de investimento ou financiamento se caracterizam por um espaçamento dos fluxos de caixa ao longo do tempo, os critérios de avaliação econômica devem considerar sua atualização” [6] (2009, p.36).

A análise financeira é uma das etapas mais importante de um projeto, pois é a análise que dirá se o projeto é viável ou não, e a ausência de análise econômica pode acarretar em grandes prejuízos, sendo proporcional a dimensão do projeto e investimento.

2.2.1 Valor presente líquido (VPL)

O método de valor presente Líquido (VPL), segundo Samanez [6], tem como finalidade calcular em termos o valor presente o impacto dos eventos futuros associados a uma alternativa de investimento, devido à desvalorização do valor futuro em relação ao presente. É possível calcular o VPL conforme a equação (1) a seguir:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Fc}{(1+K)^t} \quad (1)$$

Onde:

K = custo de capital;

Fc = fluxo de caixa no t-ésimo período;

I = Investimento inicial;

Σ = símbolo de somatório;

T = representa o período (tempo);

O critério de decisão segue a seguinte regra: Se o VPL > 0 o projeto é economicamente viável. O VLP exige uma previsão precisa do fluxo de caixa futuro, porém o mesmo não considera a vida de projeto.

2.2.2 Taxa interna de Retorno (TIR)

O método de taxa interna de retorno (TIR), segundo Samanez [6], não tem como objetivo o cálculo de rentabilidade de um determinado investimento como é o caso do VPL, no entanto tem o objetivo de encontrar a taxa de retorno e por definição torna a TIR uma taxa de retorno de investimento.

A TIR consiste em anular o VPL, ou seja, igualar o mesmo a zero, satisfazendo a equação (2) a seguir:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Fc}{(1+I)^t} = 0 \quad (2)$$

Onde:

K = custo de capital;

Fc = fluxo de caixa no t-ésimo período;

I = Investimento inicial;

Σ = símbolo de somatório;

T = representa o período (tempo);

O apelo da TIR, responde pelo uso generalizado das pessoas em geral, que tendem a tomar decisões fazendo comparações em termos de porcentagem. A regra decisória a seguida no método TIR: Empreenda o projeto de investimento se a TIR exceder o custo de oportunidade do capital. O método pergunta: A taxa de retorno esperada sobre o projeto de investimento excede a taxa de retorno esperada [6] (2009).

2.2.3 Taxa mínima de atratividade (TMA)

A taxa mínima de atratividade também conhecida como pelas siglas TMA é um instrumento usado para avaliar se determinado investimento é viável ou não e se baseia em diversos aspectos que vão além do próprio investimento em si.

A TMA está diretamente relacionada a 3 componentes:

- Custo de oportunidade: Valor de retorno que o investimento poderia trazer em outras aplicações que não foram analisadas ou escolhidas.
- Risco de negócio: É o risco que o investidor possui para trocar o investimento, quanto maior o risco, maior será a remuneração esperada.
- Liquidez: É expressa pela forma que o investimento pode ser alterado, ou seja, pode ser convertido e caixa.

2.2.4 Payback descontado

O *Payback* descontado é um índice que auxilia em investimento, que significa prazo de retorno, consiste em saber o tempo de recuperação de um investimento, ou seja, quantos anos passarão até que o fluxo de caixa presente se iguale ao investimento inicial [6]. O *Payback* pode ser calculado utilizando a equação (3) a seguir:

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{F_c}{(1+K)^t} \quad (3)$$

Onde:

K = custo de capital;

F_c = fluxo de caixa no t-ésimo período;

I = Investimento inicial;

Σ = símbolo de somatório;

T = representa o período (tempo);

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A célula de soldagem foi adquirido em novembro de 2012 com um custo de R\$ 450.000,00 e apenas chegou na companhia em março de 2013. O Robô foi instalado no ano de 2013 para efetuar a montagem de grampo de secagem de fumicultura, e desativado naquele mesmo ano.

3.1 ANÁLISE DO ROBÔ DESATIVADO

Iniciou-se uma análise no estado de conservação do robô, que segundo a empresa, o mesmo estaria a 6 anos parado e já havia se deslocado 2 vezes nesse período. O robô da Fig. 05, se encontra bem embalado, onde os principais componentes que seriam o controlador, teachpedant, servos, barreiras de luz e braço robótico estavam bem preservados e alguns sinais de depreciação que indicavam a necessidade de uma manutenção preventiva que seriam o fuso de esferas enferrujados, guias lineares, chaves fins de curso quebradas, baterias sem carga, conectores, mangueiras, lubrificação e refrigeração.

Figura 05: Célula de soldagem desativada



Fonte: Do autor (2021).

3.2 ESPECIFICAÇÕES DO ROBÔ

O robô de solda Panasonic TB1800 possui um cabo de tocha interna e uma área de trabalho de 1800 mm. Equipado com sistema TAWERS, que integra totalmente a fonte de solda e o controlador. As especificações do manipulador e controlador podem ser vistas conforme a Tab. 01.

Tabela 01: Especificação do robô

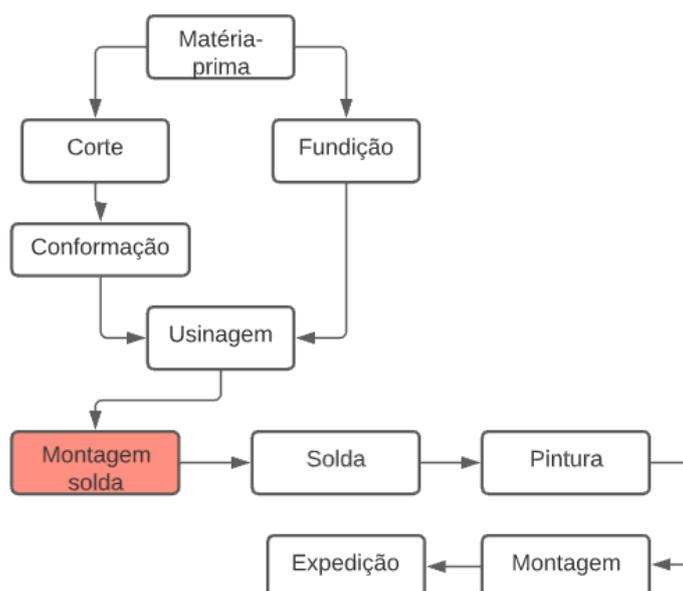
Especificação do manipulador	
Modelo	TB-1800
Tipo	Cabo de tocha interno
Graus de liberdade	6 Graus de liberdade
Área de trabalho máxima	1802mm
Área de trabalho mínimo	480mm
Precisão de repetitividade (mm)	0.1 mm
Freio	Todos eixos possuem freio
Peso (kg)	214
Especificação do controlador	
Modelo	WGIII
Dimensão (mm)	553 x 550 x 1407
Peso (kg)	171
Capacidade de memória	40000 pontos
Memória externa	Teach pendant - slot de cartão de memória SD
Faixa de tensão de saída	12-42VCC

Fonte: Adaptada de solda robótica (2012).

3.3 FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO

Na Fig. 06, apresenta-se o fluxograma de forma resumida do processo produtivo e destacado em vermelho é o setor onde será realizado a montagem da célula robotizada.

Figura 06: Fluxograma de produção implementos

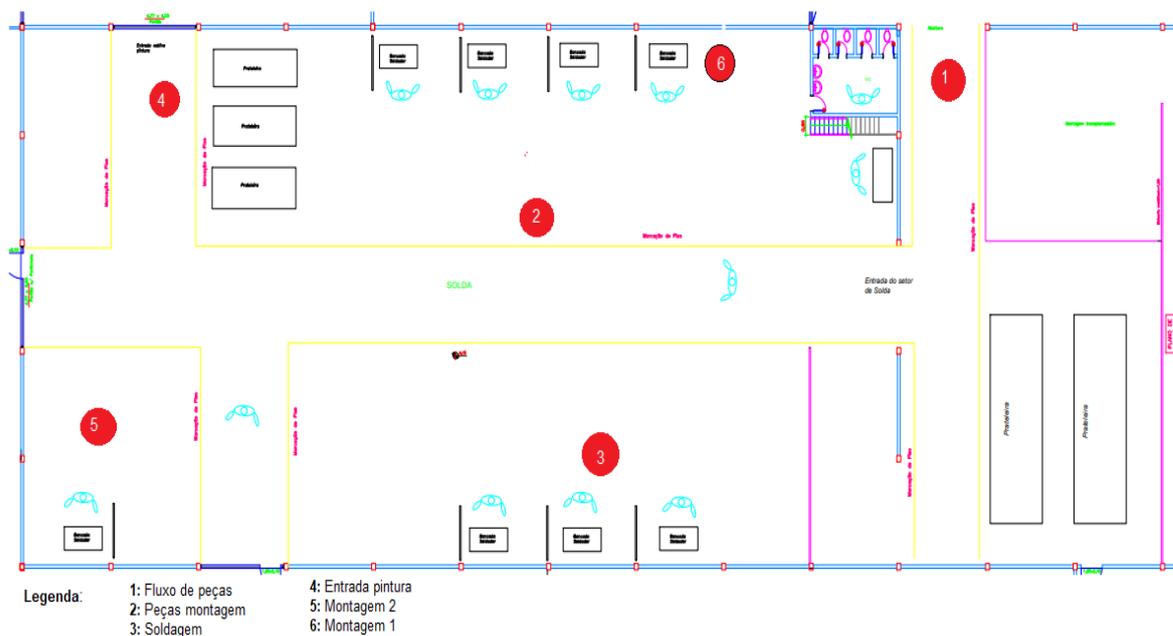


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

- **Matéria-prima:** O material é recebido pelo departamento de almoxarifado que classifica e destina para o setor conforme as ordens de produção.
- **Corte:** O setor recebe a matéria prima do almoxarifado e efetua o processo de corte, podendo ser por serra, corte a laser, corte plasma, guilhotina e etc. posteriormente o material é expedido para a conformação ou usinagem.
- **Fundição:** O setor recebe a matéria prima, no caso sucata e alguns insumos vindos do almoxarifado e faz a fusão do material em fundido, através de um forno a indução. Posteriormente as peças se destinam ao setor de usinagem.
- **Conformação:** O setor recebe as peças já cortadas e efetua o processo de conformação das peças que podem ser efetuadas por calandras, dobradeiras, furadeiras, prensas e etc.
- **Montagem solda:** A setor de solda recebe as peças por meio de paletes e executam a pré-montagem de peças, a soldagem é feita de forma manual e existe o auxílio de alguns gabaritos. O objetivo é inserir o robô de forma paralela ao setor de montagem e eventualmente no futuro, efetuar a montagem de forma robotizada.
- **Soldagem:** Após a pré-montagem, é necessário efetuar a montagem final do equipamento por meio de soldagem. Este é o último processo de solda no equipamento.
- **Pintura:** O equipamento soldado é deslocado para a cabine de pintura, onde o mesmo será preparado para a pintura. Após preparado o equipamento recebe a pintura e aguarda a secagem.
- **Montagem:** Após pintado, equipamentos precisam receber a montagem. Essa montagem contém diversas peças como mancais, correias, rolamentos, parafusos e etc.
- **Expedição:** O equipamento finalizado, é deslocado e armazenado na expedição, onde o mesmo será carregado e irá até nosso cliente final.

A seguir na Fig. 07, Layout do processo atual:

Figura 07: Setor de soldagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.4 MONTAGEM DE SOLDA MANUAL

Atualmente a pré-montagem é efetuada de forma manual e muitos não possuem gabaritos para a montagem, logo, o mesmo precisa ser montado com auxílio de esquadro e trena e esse tipo de montagem depende da habilidade de cada soldador, onde a qualidade nem sempre é atingida. A montagem é efetuada a partir do desenho de montagem e o tempo de montagem varia, pois depende da interpretação e experiência que cada soldador. A seguir é possível analisar a produção manual conforme a Tab. 02.

Tabela 02: Produção de Soldagem manual

Produção manual				
Item	Descrição	Tempo Setup (Min)	Tempo soldagem (Min)	Total
02-005-03-0046	Chassi DELB 500	00:17:25	00:19:18	00:36:43
Turno	Tempo turno(min)	Produção diária	Dias	Produção mensal
1	530	14	22	308
2(Futuro)	500	13	22	286
			Produção Total	594

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Considerando o aproveitamento total do tempo diário, é possível alcançar até 14 conjuntos por dia e um aumento de 13 peças, se considerar um segundo turno.

3.5 CUSTO DE INSTALAÇÃO

Para efetuar a instalação interna, deve-se considerar alguns custos que são de responsabilidade da empresa (Movimentação, Alimentação elétrica, disponibilidade de ar-comprimado e rede de gás (mistura de argônio e oxigênio).

A segunda etapa foi a realização de um orçamento com a empresa que forneceu o equipamento e que havia feito a instalação do Robô de solda no passado, e que seria uma preferência já que a mesma conhece o equipamento e certamente forneceria um serviço de qualidade.

Um técnico da empresa que estava na região, fez uma visita e realizou a análise, e imagens para posteriormente estar fornecendo o orçamento, que é demonstrado conforme Tab. 03.

Tabela 03: Montagem e manutenção terceirizada

Custo de instalação e manutenção preventiva				
Orçamento	Descrição	Qtde	ValorR\$	Total R\$
Nº 009280	Manutenção preventiva	1	13.855,00	13.855,00
Nº 009306	Manutenção corretiva e Instalação	1	10.000,00	10.000,00
			Total	23.855,00

Fonte: Empresa autorizada PANASONIC (2020).

3.6 ANÁLISE PRODUTIVA BERÇO

Na análise inicial conforme a fig. 05, é identificado a ausência do berço, que é basicamente uma mesa giratória com um grau de liberdade e onde são fixados os gabaritos. O robô de solda disponibiliza dois berços, que divididos por cortinas, possibilitam o robô efetuar solda, durante o processo de setup no outro lado do robô. Com a ausência do berço, a capacidade produtiva do robô é reduzida em 50% e logo

é necessário adquirir ou até mesmo produzir o novo berço.

A alternativa de estar adquirindo o berço com fornecedor é inviável, pois segundo a empresa responsável por representar a Panasonic, a mesma não possui o projeto do berço e que para realizar o projeto, montagem e transporte, não seria economicamente viável, visto que nossa indústria tinha a capacidade e o mesmo recomendou produzir internamente.

Para a produção do berço é necessário seguir como modelo o berço existente e efetuar um projeto em software CAD, para posteriormente levantar os materiais e custos a fim de colocar em produção. A seguir é possível ver na Fig. 08 o berço atual instalado no equipamento.

Figura 08: Berço atual do robô



Fonte: Do autor (2021).

3.7 ANÁLISE DE INSUMOS

O robô de solda é equipado com arame cobreado, um suporte para rolo com 15 kg é acoplado ao corpo do robô e pode ser visto conforme a Fig. 09. Esse rolo pequeno acoplado ao robô terá um impacto na produção e despesas relacionado ao mesmo, exige mais trocas do rolo e conseqüentemente mais paradas de máquina e O custo de arame com volume menor é mais caro.

Figura 09: Robô de soldagem com suporte de arame



Fonte: Do autor (2021).

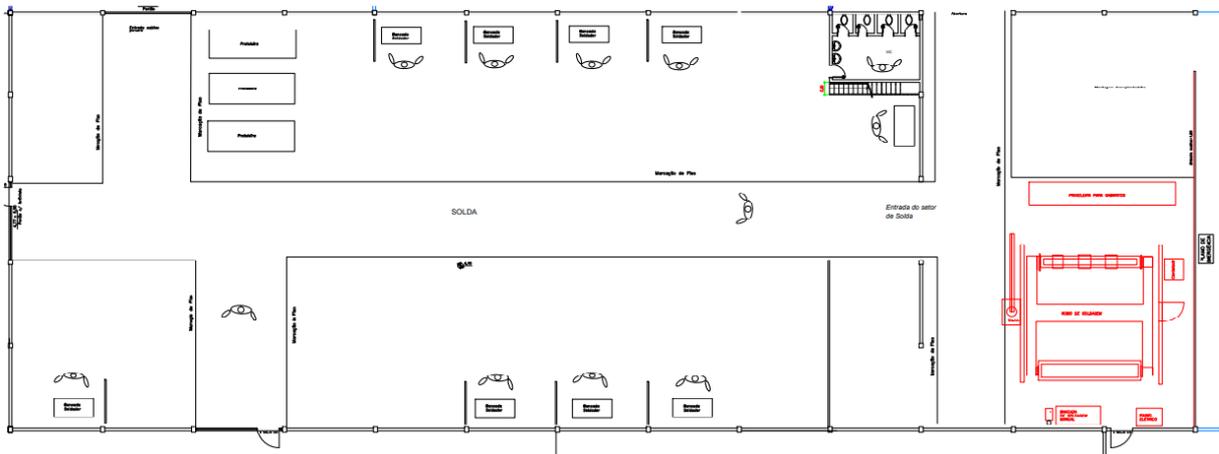
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentado o layout onde o robô será inserido, bem como as manutenções necessárias a fim de deixar operante. Também será apresentado a análise financeira do projeto e retorno de investimento.

4.1 LAYOUT PROPOSTO

A célula robotizada de soldagem será ideal para efetuar a pré-montagem de peças do equipamento e como é o primeiro processo do setor, o ideal é instalar a célula de soldagem em um local que não gere mudanças no layout atual, visto que existe um custo para isso, portando o local escolhido é na entrada do setor e por onde o fluxo de peças passa. Desse modo, as peças que antes seguiam ao soldador para serem soldadas de forma manual, serão recebidas na entrada do setor pelo robô que posteriormente as peças pré-montadas, seguirão para a montagem de solda. A seguir é possível ver o layout proposto conforme a Fig. 10.

Figura 10: Layout proposto



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A célula robotizada de soldagem, será instalada na região demarcada em vermelho, conforme o layout acima. O objetivo é um local na entrada do setor, e que não alterasse o layout atual. O robô trabalhará em paralelo com soldadores, buscando inserir nas células as peças com maiores demandas e que apresentem a melhor produção em relação a soldagem manual.

4.2 CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DA CÉLULA

A empresa que solicita a instalação de um equipamento novo ou usado, é responsável por garantir algumas necessidades que o equipamento necessita, e no caso da célula robotizada de soldagem são uma rede de alimentação para o equipamento, ponto de ar comprimido (limpo, seco) e ponto gás inerte utilizado no processo. Tais instalações são de responsabilidade da empresa e estão descritos na parte superior da Tab. 03 a seguir.

As instalações em geral, serão feitas pela equipe interna da empresa e portando, será considerado o tempo de mão de obra.

Com as competências de de engenheiro mecatrônico e experiência em manutenção industrial, o processo de montagem e manutenção preventiva da célula Robotizada será feito de forma interna e com isso, será reduzido o valor de R\$ 23.855,00 que pode ser visto na Tab. 02, para o valor de R\$ 8.965,60 que pode ser visto na Tab. 04 a seguir.

Tabela 04: Instalação, montagem e manutenção

Custo de instalação interno			
Descrição	Valor		
Movimentação	R\$ 500,00		
Elétrica	R\$ 980,00		
Rede Ar-comprimido	R\$ 428,00		
Rede de Gás	R\$ 600,50		
Mão de obra Int. Interna	R\$ 660,00		
Total	R\$ 3.168,50		
Custo de montagem e manutenção			
Descrição	Qtde	Valor	Total
Chave fim de curso telemecanique	2	R\$ 220,00	R\$ 440,00
Baterias lithium panasonic Er6v 3.6v	6	R\$ 130,00	R\$ 780,00
Mangueira Pu	30	R\$ 2,00	R\$ 60,00
Chumbadores 3/8 x 5	40	R\$ 4,89	R\$ 195,60
Fechadura externa porta stam	1	R\$ 65,00	R\$ 65,00
Mão de obra interna	135	R\$ 55,00	R\$ 7.425,00
		Total	R\$ 8.965,60

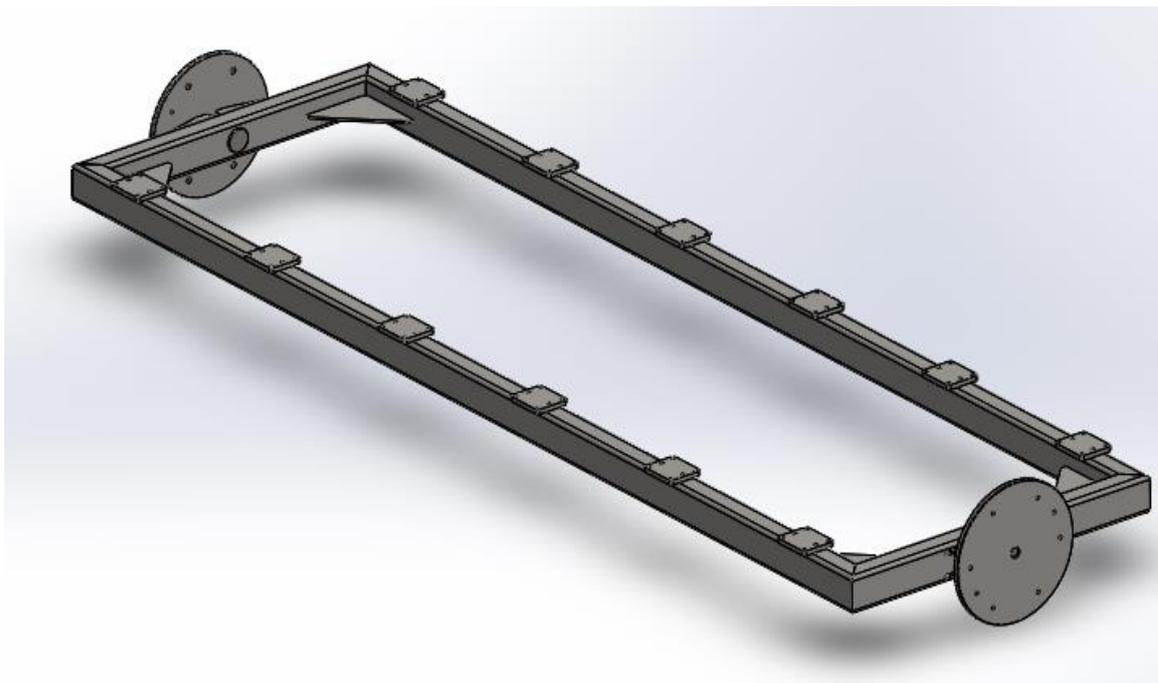
Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

4.3 DESENVOLVIMENTO BERÇO

O berço foi desenvolvido com base no berço atual que existe no equipamento, assim considerando o mesmo material utilizado e especificações quanto a dimensão e espessura, o berço atual se difere apenas na distância dos tubos quadrados, onde o objetivo de desenvolver eles afastados, é aumentar o rendimento no processo produtivo, pois no processo atual as peças que precisam ser soldadas em todos os lados por exemplo, precisarão de um novo setup para virar as peças e posteriormente finalizar a peça. Com o afastamento, é possível desenvolver gabaritos para efetuar a soldagem em todos os lados, e assim, efetuando o processo em única etapa, otimizando a produção, visto que o berço é giratório e permite rotação em 360°.

O desenvolvimento do berço é indispensável para o robô operar em capacidade máxima, e é nítido que esse foi a causa da desativação, a ausência da outra mesa, reduz 50% da produtividade. A proposta de berço pode ser visualizada na Fig. 11 e comparado com a Fig. 08 acima.

Figura 11: Desenvolvimento do berço



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

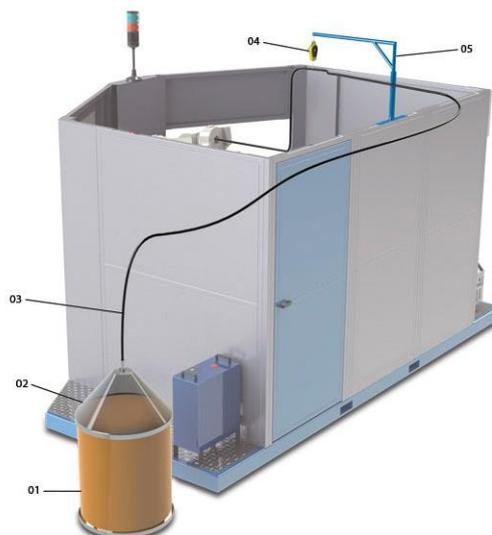
O custo de fabricação do berço, segundo o setor de engenharia e processo, é de aproximadamente R\$ 10.000,00, mas pode variar em função dos aumentos do aço.

4.4 ARAME DE SOLDAGEM

Com o objetivo de aumentar o índice produtivo e diminuir o custo de arame consumido pela célula robotizada de soldagem, a utilização de barricas de 250 kg de arame é ideal. As barricas diminuem a quantidade de trocas de arame e consequentemente o tempo de parada do equipamento.

Considerando que o rolo de arame atual, possui 15 kg e leva em torno de 10 minutos para preparar o robô e a barrica possui 250 kg e leva o mesmo tempo, será necessário efetuar mais de 16 trocas, ocasionando um tempo de parada de máquina de 160 minutos. A seguir conforme a Fig. 08 é possível visualizar como é a instalação da barrica em uma célula de soldagem robotizada.

Figura 08: Barrica de arame em célula de soldagem



Fonte: De [9] (2021).

4.5 ANÁLISE DE PRODUÇÃO

A análise de produção foi feita em cima do eixo do chassi, que é utilizado em praticamente todos os implementos da indústria, como carretas de madeira, carretas metálicas, distribuidores de calcário, distribuidores de esterco líquido. Na Tab. 05 a seguir, é possível analisar o ganho de produção manual e o ganho de produção com a célula robotizada de soldagem.

Tabela 05: Análise produtiva do robô e soldagem manual

ANÁLISE DE PRODUÇÃO ROBÔ X SOLDAGEM MANUAL				
Produção Robô				
Item	Descrição	Tempo Setup (Min)	Tempo soldagem (Min)	Total
02-005-03-0046	Chassi DELB 500	00:03:10	00:11:05	00:14:15
Turno	Tempo turno(min)	Produção diária	Dias	Produção mensal
1	530	37	22	814
2 (Futuro)	500	35	22	770
			Produção total	1584
Produção manual				
Item	Descrição	Tempo Setup (Min)	Tempo soldagem (Min)	Total
02-005-03-0046	Chassi DELB 500	00:17:25	00:19:18	00:36:43
Turno	Tempo turno(min)	Produção diária	Dias	Produção mensal
1	530	14	22	308
2(Futuro)	500	13	22	286
			Produção Total	594

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.6 ANÁLISE FINANCEIRA

Para iniciar a análise financeira, é preciso trazer o valor de investimento que foi efetuado em 2012 de R\$ 450.000,00, para o valor presente, pois o valor passado, não representa o valor atual. Foi efetuado a correção pela inflação do período de 2013 a 2020 e é possível visualizar a seguir na Tab. 06.

Tabela 6: Valor presente da célula de soldagem

Análise financeira		
Valor	Data	Dólar 2013
R\$ 450.000,00	09/11/2012	\$2,14
Ano	Inflação (%)	Valor presente
2013	5,61%	-R\$ 475.245,00
2014	6,10%	-R\$ 504.234,95
2015	10,67%	-R\$ 558.036,81
2016	6,29%	-R\$ 593.137,33
2017	2,95%	-R\$ 610.634,88
2018	3,75%	-R\$ 633.533,69
2019	4,31%	-R\$ 660.838,99
2020	4,39%	-R\$ 689.849,82

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O valor presente da célula é de R\$ 689.849,82. Ainda assim, não é possível comprar uma célula robotizada por esse valor e a razão disto, é a alta do dólar hoje, que na época era de \$ 2,14. Uma célula igualmente a essa, ultrapassa o valor de R\$ 1.000.000,00. Portanto foi um ponto positivo para empresa, pois se tornou um investimento.

4.6.1 Análise de VPL

Para o cálculo de valor presente líquido, que consiste em trazer os fluxos de caixa futuro, para o presente e com objetivo de verificar se o projeto tem viabilidade econômica para 5 anos. Para possuir viabilidade, o VPL precisa ser positivo e a TIR, precisa ser maior que a TMA. Conforme a Tab. 07 a seguir, é possível visualizar que o projeto possui viabilidade econômica, porém precisará de 2 turnos.

Tabela 07: Análise do VPL

ANÁLISE DO VPL		
TMA	10%	
Investimento	-R\$ 708.814,60	
Periodos/Anos	1 Turno	2 turno
0	-R\$ 708.814,60	-R\$ 708.814,60
1	R\$ 154.627,44	R\$ 300.896,64
2	R\$ 154.627,44	R\$ 300.896,64
3	R\$ 154.627,44	R\$ 300.896,64
4	R\$ 154.627,44	R\$ 300.896,64
5	R\$ 154.627,44	
TIR	3%	25%
VPL	-R\$ 122.654,95	R\$ 244.987,26

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.6.2 Análise de payback

A análise de payback foi feita em cima do valor presente de investimento, levando em consideração a inflação do período e o fluxo de caixa de 2 turnos, que segundo o VPL apresenta a viabilidade econômica. O resultado de payback da célula, é de aproximadamente 3 anos e pode ser visto na Tab. 08.

Tabela 08: Análise do payback

PAYBACK DESCONTADO			
Ano	Fluxo	Fluxo descontado	Saldo
0	-R\$ 708.814,60	-R\$ 708.814,60	-R\$ 708.814,60
1	R\$ 300.896,64	R\$ 273.542,40	-R\$ 435.272,20
2	R\$ 300.896,64	R\$ 248.674,91	-R\$ 186.597,29
3	R\$ 300.896,64	R\$ 226.068,10	R\$ 39.470,81
4	R\$ 300.896,64	R\$ 205.516,45	R\$ 244.987,26
5	R\$ 300.896,64	R\$ 186.833,14	R\$ 431.820,40
Taxa de juros	10%		
PAYBACK (Ano)	2,825403016		

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

5 CONCLUSÃO

Com o objetivo evidente de colocar a célula em funcionamento, com as competências adquiridas no curso e em particular, nas disciplinas de robótica, sistemas flexíveis de manufatura, engenharia econômica e projetos mecânicos, possibilitaram executar e tornar o projeto viável.

Este trabalho possibilitou realizar o objetivo de colocar esta célula de soldagem em funcionamento e reverter o prejuízo de investimento. A célula que encontrava com sinais de depreciação e investimento reativo de R\$ 450.000,00, acumulava o valor presente de R\$ 689.849,82.

Os custos de instalação foram reduzidos de R\$ 23.855,000, para 8.965,00 e representaram 62% de economia para empresa. O desenvolvimento do berço possibilitou ao robô um rendimento de 100% do tempo em soldagem e a utilização de barricas de arame, reduziram até 16 paradas de máquina em relação ao processo atual.

No capítulo referente a análise financeira, mostra através taxa de retorno de investimento de 25% que o cenário com 2 turnos, traz um *payback* em menos de 3 anos.

Para trabalhos futuros na célula de soldagem, pode-se analisar a quantidade e qualidade das soldas, a fim de aumentar a produtividade da célula e diminuir de soldas desnecessários, baseando em análise de soldagem e resistência. Esse estudo, garante economia no tempo de processo de soldagem, aumento nos índices de produção, diminuição no gasto com arame e aumento na qualidade da solda.

Agradecimentos

Meu agradecimento ao Prof. Clauberto Roberto Melo Marques que me orientou nesse trabalho e a Prof. Pamela Cabreira Milak que foi quem ministrou a disciplina de TCC e que foi a base desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] DEPARTMENT, Ifr Statistical. **Folheto de vendas da world robotics**. 2020. Disponível em < https://ifr.org/img/office/World_Robotics_2020_Sales_Flyer.pdf > Acesso em: 05 set. 2020.
- [2] ISO. **Plataforma de normas ISO 2020**. Disponível em < <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en> > Acesso em: 05 de outubro de 2020
- [3] M. ROSÁRIO, João. **Graus de liberdade**.ed 01. São Paulo, Pearson, 2004.
- [4] GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. Ed.01. São Paulo, Pearson, 2010.
- [5] PANASONIC, **industrial devices e solutions**. Disponível em: <<https://industrial.panasonic.com/ww/products-fa/welding/industrial-robots/arc-welding-robot#superactivetowers>> Acesso em 26 de setembro de 2021.
- [6] SAMANEZ, Carlos P. **Engenharia Econômica**. Ed 01 São Paulo, Pearson 2009.
- [7] KUKA, **Robô linear KUKA**. Disponível em: < <https://www.kuka.com/pt-br/produtos-servi%C3%A7os/sistemas-de-rob%C3%B4/rob%C3%B4s-industriais/rob%C3%B4-linear> > Acesso em 26 setembro de 2021.
- [8] SUMIG. **Soldagem robotizada**. 2021. Disponível em: < https://www.sumig.com/pt/produto/detalhe/kit_para_barrica >. Acesso em: 17 set. 2021.