

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE UMA LINHA DE PRÉ – TRATAMENTO POR IMERSÃO.

MONTEIRO. S. P. C.³; PINELLI, R. A.⁴

¹*Mestre em Bioengenharia pela USP - Universidade de São Paulo-SP. Professora Matemática do Instituto Matonense Municipal de Ensino Superior - IMMES - Brasil.*

²*Engenheiro de Controle e Automação – UNIARA – Brasil*

Resumo

Este trabalho trata-se de uma proposta de automação em uma linha de pré-tratamento de superfícies de peças que passaram por processos de solda, corte e usinagem, utilizando o método por imersão, no qual trabalham dois operadores, esses servidores através de uma talha transportam cestos com peças em diferentes tanques com diversos produtos para que ocorra a limpeza no conjunto que deverá ter a superfície sem impurezas e tratada para que suporte o processo de pintura eletrostática e não ocorra um deterioramento precoce. A proposta é automatizar a operação de trajetória do cesto, fazendo com que a linha realize o processo sem a intervenção humana. Este projeto garante o tempo de ciclo entre uma carga e a outra, é eficiente na segurança dos operadores que não tem a necessidade de ficar manuseando os cestos e guiando com as mãos e evita o contato direto com os produtos químicos.

Palavra-chave: Automação. Processo. Segurança. Pintura. Deterioramento. Pré-tratamento.

Introdução

No decorrer dos anos a preocupação das pessoas começou a se voltar para a área de fitness e a cada ano que passa as academias estão investindo mais, para conseguir oferecer um atendimento diferenciado. Devido a esse aumento da demanda os fabricantes de aparelhos fitness investem dia-a-dia em seus processos para conseguir competir no mercado.

Cada otimização no processo de fabricação dos aparelhos leva a uma redução no custo final do produto e automaticamente gera melhor qualidade nos equipamentos, com a melhoria dos processos a concorrência com empresas nacionais e até mesmo internacionais de mesma ordem se torna possível.

Diante destas observações, este trabalho traz uma proposta de melhoria do processo de pré-tratamento de superfície por imersão e automação no mesmo, em um fabricante de equipamentos fitness.

Esta célula realiza o tratamento da superfície e a remoção de impurezas dos equipamentos, para isso são utilizados alguns tanques contendo produtos químicos.



FIGURA { SEQ FIGURA |* ARABIC } - LINHA DE PRÉ-TRATAMENTO
FONTE: PRÓPRIA, 2015

Este trabalho objetivou apresentar uma proposta de a automação de uma linha de pré-tratamento de equipamentos, a fim de facilitar o de processo de produção, visando tempo de processo, evitando o desperdício e principalmente respeitando a vida do operador, evitando contato direto com produtos químicos.

A proposta consiste em o operador simplesmente carregar o cesto na área de segurança, fechar a porta e acionar o comando bimanual que se encontra fora da área reservada para os tanques, o operador acompanha o processo do lado de fora, entre o tanque e a porta há outra área para descarregar com segurança e assim que o cesto chegar no por ele retira as peças fecha a porta e dá um reset no ciclo.

Com esta automação não haverá o contato direto com os produtos químicos e acabará com o manuseio de talhas para o posicionamento dos cestos.

Podendo assim descrever os objetivos secundários do projeto os seguintes itens: minimização nos gastos do processo, visto que o operador evitará o manuseio da talha de forma desorientada e como a função será simplesmente carregar e descarregar um cesto torna-se desnecessário mais que um operador para operar na linha; aumento da qualidade do produto devido a uniformidade do processo; redução do índice de acidentes visto que para o processo torna-se desnecessário o operador guiar o cesto utilizando uma talha e mãos e redução dos movimentos repetitivos e desorientados vindo a melhorar as condições de trabalho.

2. Problemas e Hipóteses

A proposta deverá ser implementada na linha de pré-tratamento de superfície.

Problema: Existe uma diversidade de peças a serem tratadas e todas de tamanhos diferentes, variando de 50mm até 2000mm e de diferentes materiais. O maior dos problemas encontrado é que por não ter tanques de banho suficientes em todas as etapas o operador tem que carregar o cesto para o início do processo diversas vezes e aplicar a lavagem manual utilizando uma lavadora de alta pressão industrial e o contato com o produto químico se torna ainda mais prejudicial à saúde.

Hipótese: Em vista o conjunto exposto, julga-se necessário motores para avanço horizontal e vertical onde será utilizada uma talha, controlados por CLPs (Controlador Lógico Programável) e com sensores de presença para indicar a posição do cesto, isso acionamento bimanual. Serão adicionados tanques com água em alguns pontos do processo a fim de evitar que o cesto retorne ao ponto inicial. A geometria dos tanques e a do cesto também foi modificada de retangular para cilíndrica e a parte superior com uma espécie de cone para facilitar a entrada.

Este processo trabalhado de forma manual demanda mais tempo entre os ciclos, devido a atenção do operador que nem sempre está focado no que está fazendo e acaba se descuidando do tempo, que pode ser menor (onde o produto não consegue reagir o suficiente e o tratamento se torna inútil) ou o tempo pode extrapolar (onde a perda precoce dos produtos químicos que regem em áreas que já foram tratadas), ambos acarretam em grandes perdas.

Não é possível obter uma uniformidade no tratamento devido ao descontrole de tempo de permanência do cesto nos tanques.

A um alto risco de acidentes com os operadores, pelo fato de guiarem manualmente os cestos para dentro dos tanques e por ficarem por baixo do cesto na hora que estão aplicando a água com a máquina de alta pressão.

Este trabalho contribuirá de forma significativa na produção, qualidade das superfícies das peças tratadas e no beneficiamento da segurança do operador.

3. Pré-tratamento do Aço Carbono

O aço carbono é amplamente utilizado na produção de equipamentos que suprem diversos setores industriais. Porém tem facilidade na corrosão quando exposto a locais agressivos, havendo a necessidade de tratar a superfície com substâncias anticorrosivas.

Maior parte das aplicações industriais de pinturas em superfícies metálicas requer a utilização de uma camada de conversão química. Esta camada de conversão deve contribuir para que o sistema resista a corrosão[1].

Este revestimento consiste na formação de uma camada de conversão em escala manométrica, na qual ocorre a combinação de uma estrutura cerâmica do tipo óxido com metais Ti (Titânio) e Zr (Zircônio), onde o revestimento é obtido em curto espaço de tempo [1].

4. Controlador Lógico Programável (CLP)

Controlador Lógico Programável (CLP) é uma ferramenta eletrônica de última geração, foi criado para facilitar a mudança na lógica de controle de painéis de comando para cada mudança na linha de montagem, estas mudanças implicavam altos gastos de dinheiro e tempo. Pode-se dizer que é um microcomputador utilizado ao controle de um sistema ou processo. Sua função é colher um sinal de entrada que é emitido para o sistema de processamento de dados, no qual existe um programa que efetuará uma saída de acordo com o sinal recebido na entrada.

Ele é composto por módulos de entrada na qual ficam ligados os sensores que enviam sinais digitais ou analógicos. Estes sinais têm seus valores convertidos em binários para que a unidade processamento possa tratar esta informação[2].



FIGURA { SEQ FIGURA |* ARABIC } - CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)
FONTE: [HTTP://WWW.SCHNEIDER-ELECTRIC.CO.UK/SITES/UK/EN/PRODUCTS-SERVICES](http://www.schneider-electric.co.uk/sites/uk/en/products-services)

A lógica a que as entradas são submetidas para gerar as saídas são programadas pelos usuários do sistema. Estas saídas podem ser digitais ou analógicas.

Devido à grande gama de fabricantes foi identificado a necessidade de padronizar a linguagem de programação, que foi definida como a norma IEC 1131-3 no ano de 1993 pela Comissão Eletrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission – IEC) [4]. A tabela 1 mostra a definição da norma.

STRUCTURED TEXT (ST)	TEXTUAIS
INSTRUCTION LIST (IL)	
FUNCTION BLOCK DIAGRAM (FBD)	GRÁFICAS
LADDER DIAGRAM (LD)	
SEQUENTIAL FUNCTION CHARTS (SFC)	

*TABELA { SEQ TABELA * ARABIC }- DEFINIÇÃO DE NORMA [4]
FONTE: PRÓPRIA*

As estruturas ST e IL são textuais e FBD, LD e SFC são gráficas, no caso o para a programação este projeto será utilizado Ladder Diagram e Sequential Function Charts.

Este tipo de linguagem não é exibido por código como nos outros modelos e sim por diagrama.

5. Sensores

O sensor é responsável por coletar tipos de grandeza física como: pressão, temperatura, velocidade entre outras e converter em sinais elétricos para que possa integrar a dispositivos pré-programados como os CLPs que irão interpretar os dados para decidir o próximo passo, assim realizando a automação.

Para essa aplicação iremos utilizar os sensores de proximidade e indutivos.

Os sensores de proximidade operam com vários princípios físicos para detectar a passagem ou presença de objetos no estado sólido, gasoso ou líquido. Na maior parte dos casos são eletrônicos e, por isso, raramente vibrações mecânicas interferem no funcionamento.

O sensor de proximidade indutivo utiliza corrente induzida por campo magnético, com a finalidade de detectar objetos metálicos por perto, como na figura 4.

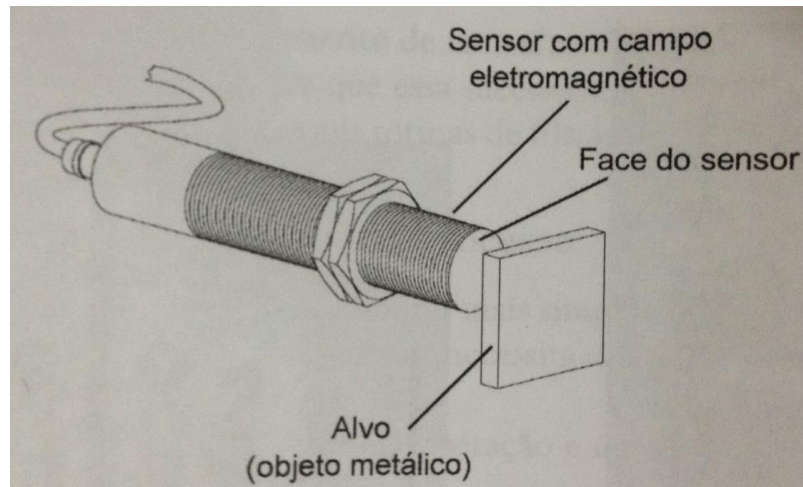


FIGURA 3 - DEMONSTRAÇÃO DE FUNCIONAMENTO DO SENSOR DE PROXIMIDADE INDUTIVO
FONTE: IMAGENS NO GOOGLE

6. Atuadores

Os atuadores podem ser magnéticos, pneumáticos, hidráulicos, elétricos ou a combinação deles, mas no caso iremos analisar apenas o caso elétrico que será o utilizado no projeto.

Ele tem o papel de converter sinais elétricos resultante do CLP em condição física, geralmente são ligados na saída do CLP e atuam sobre um motor ou algo do gênero.

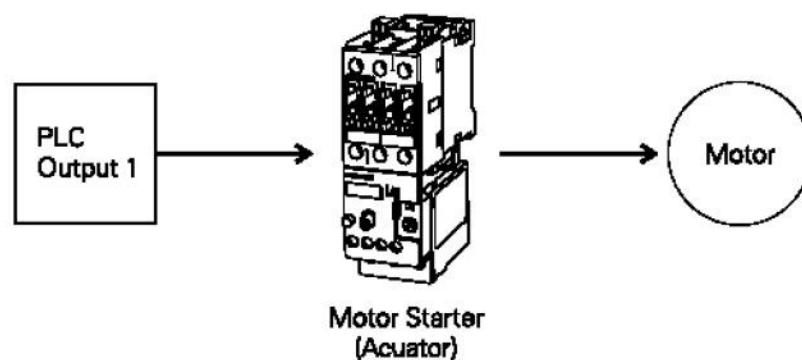


FIGURA 4 - EXEMPLO DE UM ATUADOR
FONTE: PRINCÍPIOS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Pode ser de entrada discreta e analógica, onde as discretas (Digital) possuem condições on / off (que significa o estado inicial), como: chaves fim-de-curso, chaves seletoras, chaves de proximidade dentre outras, os de entradas analógica tem como

característica sinais contínuos aplicados na entrada, os mais usados são de entrada de corrente ou tensão[5].

7. Materiais e Métodos

Para que este método seja eficaz será realizado uma pesquisa bibliográfica fundamentada em livros, processos já existentes em grandes empresas e artigos da área ou relacionado, serão realizados estudos em cima do processo para recolher dados que ajudarão no projeto. Os materiais que serão utilizados para o sistema são:

- Botoeiras de acionamento;
- CLP;
- Sensores;
- Motores elétricos.

7.1. Descrição do processo atual do tratamento de superfície

Para realizar o atual processo é necessário a contribuição de dois colaboradores, para carregar o cesto como as peças que receberam o pré-tratamento, após o carregamento do cesto é necessário transportá-lo sob os tanques e mergulhar em todos os produtos por um determinado tempo.

Hoje a linha é composta pelos seguintes produtos: desengraxante, decapante, refinador e fosfato, diante da concentração do produto é determinado um tempo (a configuração é fornecida pelo fabricante) para que os produtos consigam eliminar todas as impurezas, o mais comum é manter uma concentração padrão (analisando os produtos regularmente) para que não necessite variar o tempo que poderia vir a confundir o operador.

Na linha atual existe a sequência da figura a baixo, onde contém uma grande falha, o ideal é que depois de todo tanque que contem produto químico é ter um tanque apenas com água, para que o arraste não contamine no próximo tanque.

SEQUÊNCIA DA LINHA



FIGURA 5 - SEQUÊNCIA DA LINHA
FONTE: TOTAL HEALTH DO BRASIL

Por não conter os tanques em posições ideais então esse processo acaba sendo ainda mais demorado e perigoso, pois o colaborador tem de ajudar a guiar os cestos em todos os tanques, a cada passo que não contém o tanque de enxágue torna-se obrigatório o recuo do cesto para o início do processo para que seja lavado com uma lavadora de alta pressão manual, o que torna ainda mais perigoso.

O transporte deste cesto é uma talha de 1 Tonelada, onde muitas vezes ao manusear o colaborador acaba ficando embaixo do cesto.

7.2. Descrição passo a passo do processo atual

- **Primeiro passo:** os operadores irão carregar o cesto com as peças com a quantidade máxima;

- **Segundo passo:** com a talha o operador centraliza o cesto na superfície do tanque e mergulha o cesto no tanque onde contém desengraxante, que trabalha em torno de 80°C;

- **Terceiro passo:** colocar o cesto no tanque de lavagem;
- **Quarto passo:** retirar o tanque da lavagem e colocar no decapante;
- **Quinto passo:** mover o cesto até o espaço de carregamento e lavar manualmente utilizando uma lavadora de alta pressão;
- **Sexto passo:** mergulhar as peças no refinador;
- **Sétimo passo:** mover o cesto até o espaço de carregamento e lavar manualmente utilizando uma lavadora de alta pressão;
- **Oitavo passo:** mergulhar o cesto no Fosfato;
- **Nono passo:** colocar o cesto no tanque de lavagem;
- **Decimo passo:** mover o cesto até o ponto de descarregamento;

➤ **Decimo primeiro passo:** descarregar as peças do cesto e inicial o processo novamente.

7.3. Estudo do processo

A fim de viabilizar o projeto tecnicamente, foram recolhidas algumas informações do processo, a fim de comprovar a necessidade da automação nesta linha de produção. A necessidade estabelece com a comprovação de que o método é eficaz e não trará seguimentos inversos se comparado a condição atual.

7.4. Tempo de processo

Cada ciclo do processo atual levaria cerca 83 minutos, considerando que alguns valores foram selecionados diante da média de repetibilidade de ciclos.

PRODUTO	TEMPO (Segundos)
DESENGRAXA NTE	600
ÁGUA LAVAGEM	60
DECAPANTE	1800
REFINADOR	60
FOSFATO	600
ÁGUA LAVAGEM	60

**TABELA { SEQ TABELA * ARABIC }- TEMPO DE CICLO ATUAL
FONTE: PRÓPRIA**

Cálculo de tempo de ciclo:

$$\begin{aligned} & \text{Desengraxante} + (2 * \text{Lavagem}) + \text{Decapante} + \text{Refinador} + \text{Fosfato} \\ & + (\text{Quantidade de rotina} * \text{movimentação}) \\ & + (\text{lavadora de alta pressão}) = \text{Tempo total do ciclo} \end{aligned}$$

Substituindo,

$$600 + (2 \times 60) + 1800 + 60 + 600 + (9 \times 300) + (600) = 6480 \text{ segundos}$$

$$6480 \text{ segundos} \div 60 = 108 \text{ minutos}$$

Em um caso ideal por dia são trabalhados 520 minutos, ou seja:

$$520 \div 108 = 4,82 \cong 4 \text{ ciclos por dia.}$$

O que além de não atender à demanda ainda exige muito do operador e é considerado um processo perigoso.

Em média são colocados 10 aparelhos em cada cesto, então por dia (em um caso ideal o que é praticamente impossível) este processo é aplicado a 40 aparelhos.

8. Funcionamento básico

Os produtos químicos da parte de desengraxe e tratamento serão os mesmos, para executar esta proposta: O operador carrega o cesto que se encontra no início do processo.

Verifica se a porta de abastecimento está com a chave de intertravamento por lingueta esta fechada. Desloca-se até ao painel de operação e prime os dois botões de start (comando bimanual) uma única vez no processo.

Os motores da talha serão responsáveis pelo deslocamento horizontal e vertical do cesto.

Os sensores farão a leitura para informar se o cesto se encontra na posição desejada para que o CLP (controlador lógico programável) possa enviar o próximo comando.

A partir do momento que o operar inicializar a máquina ele ficara responsável somente por fiscalizar o processo e assim que concluído o ciclo o operador descarrega e carregar um novo cesto.

Assim que o cesto estiver carregado, o operador dirige-se para fora da célula, fecha a porta de manutenção e premir a botoeira de Start para começar o ciclo:

Ciclo descrito abaixo:

- DESENGRAXANTE

- 1° - A talha recua em Y ↑
- 2° - A talha avança em X →
- 3° - A talha avança em Y ↓
- 4° - WAIT 600 segs.
- 5° - A talha recua em Y ↑
- 6° - WAIT 10 segs.

- ÁGUA LAVAGEM

- 7° - A talha avança em X →
- 8° - A Talha avança em Y ↓
- 9° - WAIT 60 segs.
- 10° - A talha recua em Y ↑
- 11° - WAIT 10 segs.

- DECAPANTE

- 12° - A talha avança em X →
- 13° - A Talha avança em Y ↓
- 14° - WAIT 1800 segs.
- 15° - A talha recua em Y ↑
- 16° - WAIT 10 segs.

- ÁGUA LAVAGEM

- 17° - A talha avança em X →
- 18° - A Talha avança em Y ↓
- 19° - WAIT 60 segs.
- 20° - A talha recua em Y ↑
- 21° - WAIT 10 segs.

- REFINADOR

- 22° - A talha avança em X →

23° - A Talha avança em Y ↓

24° - WAIT 60 segs.

25° - A talha recua em Y ↑

26° - WAIT 10 segs.

- FOSFATO

27° - A talha avança em X →

28° - A Talha avança em Y ↓

29° - WAIT 600 segs.

30° - A talha recua em Y ↑

31° - WAIT 10 segs.

- ÁGUA LAVAGEM

32° - A talha avança em X →

33° - A Talha avança em Y ↓

34° - WAIT 60 segs.

35° - A talha recua em Y ↑

36° - WAIT 10 segs.

- DESCARGA

37° - A talha avança em X →

38° - A Talha avança em Y ↓

39° - Stop

- RESET

40° - A talha recua em X ←

41° - A Talha avança em Y ↓

Após finalizar o processo descrito acima o operador abre a porta e dirige-se até o cesto e irá carregar com as novas peças para o tratamento, para finalizar ele prender o gancho da talha na alça do cesto e se retira da parte interna da linha e inicia um novo ciclo.

8.2. Cálculo de tempo de ciclo

Para a realização dos cálculos levaremos em consideração que a talha trabalhe com velocidade 80% da máxima de uma talha deste porte que será substituído na movimentação:

Elevação: 08 Metros/min – 20% = 6,4 Metros/min.

Translação: 20 Metros/min – 20% = 16 Metros/min.

Altura máxima de elevação – 6 Metros

Movimento máximo de translação – 3 Metros

Cálculo de tempo de movimentação:

$$MOVIM. = (2 * WAIT(s)) + \left(\frac{ALTURA MÁX. ELEV. \times TEMPO (s)}{VELOCIDADE} \right) + \left(\frac{MOVIM. \times TEMPO(s)}{VELOCIDADE} \right)$$

Substituindo,

$$MOVIM. = (2 * 10) + \left(\frac{6 \times 60}{6,4} \right) + \left(\frac{3 \times 60}{16} \right) = 87,5 \text{ segundos} \cong 1,45 \text{ minuto}$$

Cálculo de tempo do novo processo:

$$Desengraxante + (3 * Lavagem) + Decapante + Refinador + Fosfato + (Quantidade de ciclos * movimentação) = \text{Tempo total do ciclo}$$

Substituindo,

$$600 + (3 \times 60) + 1800 + 60 + 600 + (9 \times 87,5) = 4027,5 \text{ segundos}$$
$$4027,5 \text{ segundos} \div 60 = 67,1 \text{ minutos}$$

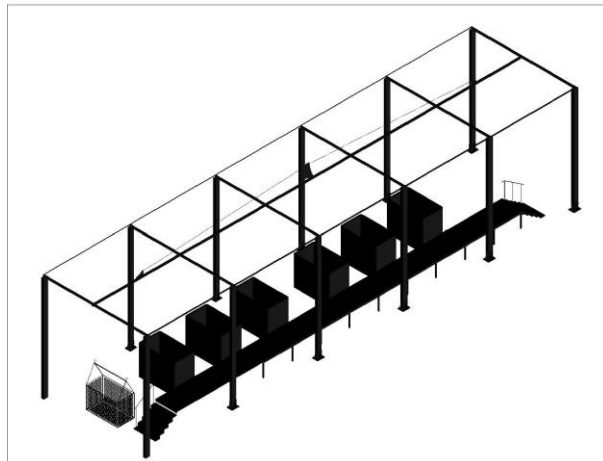
Ou seja:

$$520 \div 67,1 = 7,75 \cong 7 \text{ ciclos por dia.}$$

8.3. Esquema Mecânico da linha

Para a realização da proposta final foram utilizados mecanismos já existentes, como a talha e estrutura para a viga, facilitando a implementação da linha.

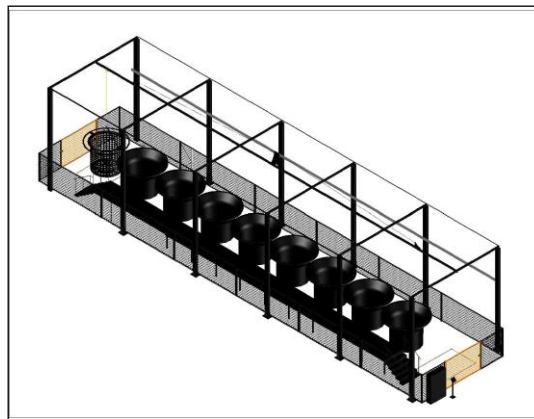
Abaixo podemos ver o representativo em 3D da linha atual, na qual não tem nem um tipo de segurança, controle do tempo de tratamento da superfície (se o cesto ficar mais tempo o produto terá um desgaste prematuro e se ficar menos tempo o produto não conseguirá agir e isso é altamente prejudicial para a pintura eletrostática).



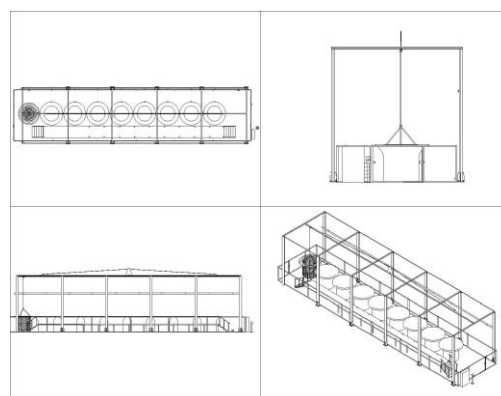
**FIGURA 7 - DESENHO 3D DA LINHA ATUAL, EM AUTO CAD.
FONTE: PRÓPRIA**

A proposta com o sistema de automação descrito anteriormente é mostrada na próxima etapa.

Alguns itens da estrutura foram alterados de modo a atender à necessidade atual do processo. Algumas dessas alterações foram, as grades de proteção com altura de 2,00 metros em volta da linha automatizada com 1,20 metro de espaçamento nas extremidades para uso exclusivo do operador, porta de manutenção com chaves de intertravamento por lingueta para que ninguém entre no interior da máquina enquanto estiver em funcionamento, os tanques passaram a ser no formato circular e com a superfície cônica para guiar o cesto e com sensores indutivos na borda para fazer a leitura da aproximação do cesto, área de segurança onde os cestos iram iniciar ou finalizar o processo, o painel de acionamento fica do lado de fora da grade de segurança onde contém um botão de emergência e um botão de reset na parte superior do painel e nas laterais contém os botões de acionamento (comando bimanual).



**FIGURA 8 - DESENHO 3D DA LINHA PROPOSTA, EM AUTO CAD.
FONTE: PRÓPRIA**



**FIGURA 9 - VISTAS VARIADAS 2D, EM AUTO CAD.
FONTE: PRÓPRIA**

9. Conclusões

A proposta de automação do processo de Pré-tratamento por imersão descrita acima pode demonstrar resultados relevantes em diversos aspectos. Podemos evidenciar os seguintes:

- Segurança: diante das melhorias na nova linha se torna praticamente impossível que algum funcionário se machuque ao operar;
- Produtividade: com a automação e melhorias no processo podemos garantir que poderá ser realizado até 3 ciclos a mais que anteriormente, ou seja um aumento de 75% na produção diária.
- Qualidade do produto: Como a repetibilidade dos ciclos não ter grandes variações o processo se torna mais eficiente e eficaz, evitando que algumas peças possam sair da linha com sujeiras ou sem a camada de proteção adequada, que poderá ter como resultado o deslocamento da pintura.

Como proposta de otimizar o processo e torna-lo mais independente o possível, nota-se que o sistema ainda pode ser melhorado, com a implementação de sensores térmicos para o controle de temperatura do tanque que contem desengraxante que trabalha em torno de 80° C, sensores de nível para monitorar o nível do produto, sensores para controle da concentração do produto químico, atualização da estrutura mecânica e o projeto de esquema elétrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] REIS, Fernando Moraes. **“O uso de sistemas demulgadores em desengraxantes de alto desempenho”**, Encontro e Exposição Brasileira de tratamento de superfície, III INTERFINISH Latino Americano.
- [2] **Projeto programa piloto para a minimização dos impactos gerados por resíduos perigosos**. “Documento 3 – Gestão de resíduos em tratamento de superfície: Etapa de decapagem ácida, Minas Gerais, página 8 – 10. 2006.
- [3] GNECCO, Celso; MARIANO, Roberto; FERNANDES, Fernando. **“Tratamento de superfície e pintura”**. Rio de Janeiro, página 21. 2003.

[4] N. Sankara, “**Influence of varios factors on phosphatability – An overview,**” Metal Finishing, vol. 94, página 86 -90. 1996.

[5] BALDIN, Estela Knopp Kerstner. “**Pré-tratamento do aço carbono AISI1010 com revestimentos nanocerâmicos para pintura eletrostática à base de resina poliéster**”, Porto Alegre - RS, página 3. 2013.