



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

**APLICAÇÃO PRÁTICA DA DIGITALIZAÇÃO DE ORDENS DE MANUTENÇÃO NO CONTEXTO DA
INDÚSTRIA 4.0**

**PRACTICAL APPLICATION OF MAINTENANCE ORDER DIGITALIZATION IN THE CONTEXT OF
INDUSTRY 4.0**

Felipe Martini Pantaleão^{1, i}
Thiago Tadeu Amici^{2, ii}
José Roberto dos Santos^{3, iii}
Jorge Antonio Giles Ferrer^{4, iv}

Data de submissão: (18/04/2024) Data de aprovação: (16/04/2025).

RESUMO

A digitalização dos processos e implementação das tecnologias habilitadoras, tão difundidas na mídia atualmente, fazem parte de uma revolução industrial e determina mudanças abruptas e inevitáveis no setor industrial e na sociedade. Na área da manutenção não é diferente e, como essa área representa boa parte das despesas dos processos de fabricação, há uma forte necessidade de implementação de um sistema de manutenção informatizado. Atualmente, grande parte das empresas brasileiras estão localizadas nos níveis iniciais de maturidade digital e os sistemas de manutenção 4.0 ainda estão pouco disponíveis no mercado, pois exigem tecnologia de alto nível de complexidade e são custosos. De forma a trazer a informatização nessa área, esse artigo tem o objetivo de apresentar de forma qualitativa um sistema simples de registro de solicitações de manutenção, onde pode-se criar um banco de dados digitalizado, o que facilita a priorização de ações e uso de recursos da área, além de gerar informação confiável das operações de manutenção e possibilitar um estudo embasado com o histórico dos registros e apoiar a manutenção preventiva e reduzir os custos de manutenção corretiva.

Palavras-chave: Indústria 4.0; manufatura enxuta; manutenção; gestão de ativos; banco de dados.

¹ Pós-Graduado em Indústria 4.0 na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: martinipantaleao@gmail.com

² Docente em Pós-Graduação Indústria 4.0 e Mestre em Automação e Controle de Processos da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: thiago.amici@sp.senai.br

³ Docente na pós-graduação de Indústria 4.0 e na graduação em Tecnologia em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: joseroberto@sp.senai.br

⁴ Doutor em Engenharia Mecânica. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: jorge.ferrer@sp.senai.br

ABSTRACT

The digitization of processes and implementation of enabling technologies of industry 4.0, so widespread in the media today, come up with an industrial revolution and causes abrupt and inevitable changes in the industrial sector and in society. In the maintenance area it is not different and as this area represents a substantial part of the expenses in the manufacturing processes, there is a strong need to implement a computerized maintenance system. Currently, most Brazilian companies are located in the entry levels of digital maturity and maintenance 4.0 systems are not much available on the market, as they still need technology with a high level of complexity and cost. In order to bring informatization in this area, this article aims to present a simple system for registering maintenance requests, where a digitized database could be created, which it could support the prioritization of maintenance services and use of resources, in addition to create reliable data of the maintenance operations and enable a study with the register history and support the preventive maintenance.

Keywords: Industry 4.0; lean manufacturing; maintenance; asset management; database.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, os equipamentos de produção vêm passando por grandes evoluções, atuando em processos cada vez mais automatizados. Essas inovações também trouxeram mais complexidade em suas construções, o que exige alto investimento. Outro fato relevante nesse processo histórico, corroborado por Borlido (2017), diz respeito às altas demandas de produção e novos métodos de produção, aspectos que exigem uma ótima performance e minimize paradas emergenciais, quebras e avarias, de forma a reduzir custos de produção e gargalos no processo produtivo.

A globalização do mercado, além de ter gerado maior demanda de produção, também influenciou na exigência do consumidor em relação à qualidade dos produtos e maior grau de customização. Dessa forma, como consequência, houve a necessidade de se trabalhar com maior portfólio de produtos e menor escala de produção (Tondato, 2004, p. 11). Mas uma grande variedade de produtos e baixo volume gera alto custo de produção, quando não há flexibilização do processo.

Todos esses aspectos vêm à tona ao mesmo tempo quando se passa por uma nova Revolução Industrial. A Indústria 4.0 vem ganhando força num período mais recente, onde a integração de sistemas com diversas plataformas de comunicação industrial traz a possibilidade de termos um melhor controle de processos e aumento significativo da automação industrial (Gonçalves, 2020). Seguindo esse contexto, a gestão da manutenção deve acompanhar essa evolução, já que essa área representa um fator crucial para reduzir custos de fabricação, garantir qualidade do serviço e do produto, além de aumentar disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos (Silva, 2019).

A necessidade de implementação de um sistema de manutenção otimizado e informatizado aumenta, e há um consenso de que a transformação digital da indústria é um caminho inevitável, porém ainda estamos com certa defasagem frente aos outros países. Segundo uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2022), em 2016 tínhamos apenas 48% das empresas do setor utilizando alguma tecnologia digital, mas atualmente, esse valor aumentou para 69%. O que poderia representar um dado positivo,

ainda não indica alto nível de maturidade, pois há uma baixa variedade de implementação de ferramentas digitais, ou seja, o processo de digitalização ainda é incipiente no país (CNI, 2022).

Mesmo que os investimentos iniciais do processo de digitalização sejam custosos, o retorno é grande. A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2021) estima que, ao migrar a indústria brasileira para o conceito 4.0, o setor pode minimizar seus custos em no mínimo R\$ 73 bilhões. Outro ponto, destacado pela Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN), é o fato de que em média os gastos com manutenção ficam em torno de 5% do faturamento bruto total de uma indústria (Dynamox, 2018).

Frente às oportunidades destacadas e os benefícios gerados ao setor industrial, esse presente trabalho pretende apresentar um breve resumo sobre a manutenção no contexto da Indústria 4.0 com as necessidades e desafios da indústria brasileira frente à digitalização e descrever uma aplicação simples para aprimoramento da gestão da manutenção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A manutenção no contexto da Indústria 4.0

A manutenção pode ser considerada como o campo da Engenharia que tem como foco a conservação dos ativos fixos de uma empresa. O objetivo da área é manter as condições normais de operação, de modo a garantir a confiabilidade das máquinas, qualidade requisitada, custos de operação baixos, vida útil longa. Portanto, a manutenção contribui fortemente com a garantia de lucro da organização. A manutenção está no centro de toda operação de uma empresa e deve possuir boa estruturação e gestão para reduzir as perdas causadas por problemas em máquinas e equipamentos (Delecrodio, Neves e Lucato, 2021).

Considerando a norma ABNT NBR 5462 (1993), podemos considerar três tipos de manutenção existentes, apresentados no quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de manutenção

| | |
|-----------------------|---|
| Manutenção Corretiva | Efetuada apenas após a ocorrência de um problema (quebras, pane), de modo a recolocar o equipamento em condições operacionais requisitadas; |
| Manutenção Preventiva | É a manutenção realizada em períodos predeterminados, de acordo com alguns critérios preestabelecidos, de modo a reduzir a probabilidade de falhas de um equipamento dentro de um processo. |
| Manutenção Preditiva | Envolve ações mais elaboradas de acordo com a análise de dados coletados, a partir de instrumentação específica, do estado e funcionamento do equipamento. Dados como temperatura, vibração, ultra-som, podem ser utilizados para realizar diagnósticos mais precisos e possibilita a elaboração de uma predição do estado futuro do equipamento. |

Fonte: Elaborado pelo autor adaptado da ABNT NBR 5462 (1993).

Considerando uma evolução simplificada da manutenção, no passado, as ações eram realizadas de forma reativa, ou seja, se quebrar, conserta. Ao longo da melhoria de processos e implementação de ferramentas de controle, passamos para a manutenção preventiva,

depois para a proativa, e atualmente, estamos na etapa de implementação da manutenção de confiabilidade. Essa última evolução veio com a revolução digital da indústria 4.0 (Venturelli, 2022).

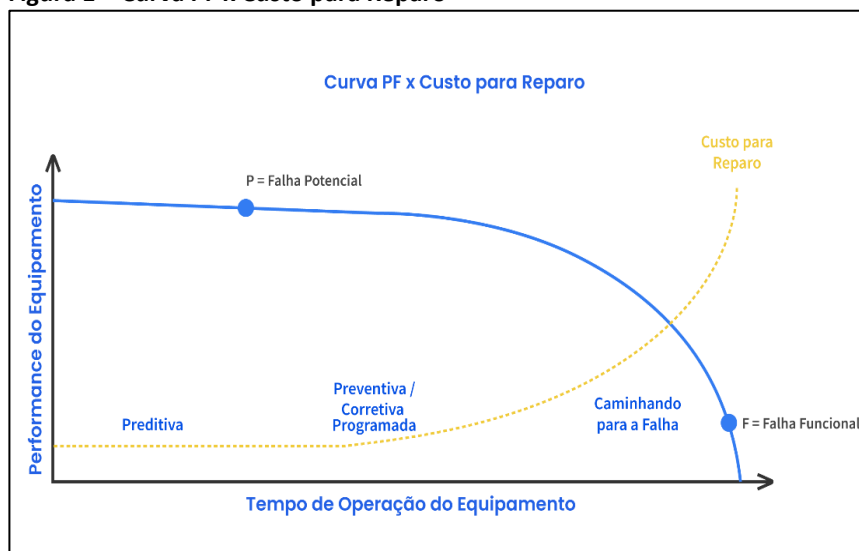
De acordo com Gressler *et al.* (2020), a atual geração da manutenção pode ser nomeada como Gestão de Ativos, a qual é caracterizada pelo uso de técnicas e ferramentas para monitoramento online e offline de equipamentos, considerando todo o ciclo de vida, ou seja, da aquisição ao descarte.

Conforme a ABNT NBR ISO 55000 (2024), a gestão de ativos é a atividade que deve contribuir com a melhoria do desempenho financeiro da companhia, auxiliar nas decisões de investimento, considerar e gerir os riscos inerentes aos processos, além de manter a qualidade dos produtos, e buscar alto desempenho.

Para se garantir a implementação da gestão de ativos numa indústria, é necessário que uma maturidade mínima de manutenção proativa seja implantada. São pré-requisitos a “aquisição de dados, a partir do sensoriamento dos equipamentos com *Internet of Things* (IoT), uso de ferramentas para tratamentos de dados e criação de modelos de aprendizado de máquina para construção de análise de prognósticos” (Venturelli, 2022). Mas a manutenção 4.0 não se restringe apenas a esses pontos, pois a coleta de dados, convergência de sistemas e implementação de ferramentas voltadas às tecnologias habilitadoras traz consigo grande complexidade de aplicação.

A Figura 1 traz uma representação de um gráfico que esclarece o aumento de custo de reparo de acordo com o aumento do tempo de identificação de uma falha. A *Potential Failure Curve* (Curva PF), onde P se trata do ponto onde se pode descobrir a falha potencial e F se trata do ponto onde ocorre a falha funcional, tem o objetivo de determinar o intervalo entre falha potencial e funcional. Seguindo a curva amarela, verificamos que, quando aplicamos técnicas preditivas, conseguimos identificar uma falha potencial antes de ocorrer uma parada inesperada, o que geraria alto custo de manutenção e produção. Portanto, é indispensável o uso de sensores como de vibração, análise do óleo e/ou ruídos em um equipamento, de forma a trabalharmos com dados preditivos.

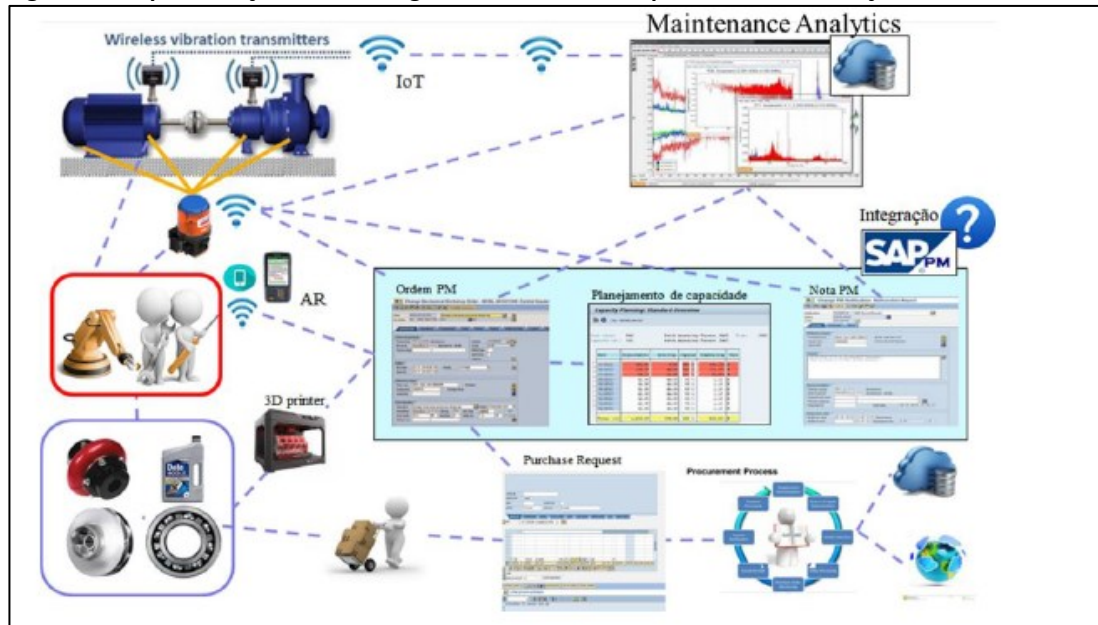
Figura 1 – Curva PF x Custo para Reparo



Fonte: Marinelli (2022)

A Figura 2 apresenta uma aplicação robusta de diversas tecnologias inseridas em diversos elementos da área da manutenção de modo a gerar uma desejada gestão de ativos. “Atualmente, podemos incorporar as novas tecnologias desde o planejamento de aquisição de novos equipamentos e ferramentas, implementação desses *in locu*, monitoramento e, claramente, a análise de processos da manutenção” (Delecrodio, Neves e Lucato, 2021).

Figura 2 – Representação de tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas a manutenção



Fonte: Gressler *et al.* (2020).

Os sensores implementados no motor representado na Figura 2, transmitem dados em tempo real, por cabeamento ou wireless (caso seja um IoT), para um banco de dados, supostamente alocado na nuvem. Os dados registrados na nuvem podem ser visualizados via sistema num computador ou mesmo por um smartphone. Caso o sistema identifique dados fora do padrão convencional de operação, ordens de manutenção podem ser emitidas de modo a evitar quebras e falhas. Quanto maior o banco de dados do processo em operação, maior a possibilidade de se prever falhas. Essa análise preditiva é possível a partir da elaboração de um algoritmo que utiliza a estatística como base e pode ser nomeada como uma inteligência artificial do equipamento. Esse nível de maturidade é alto e só é possível de ser alcançado com uma integração eficaz entre coleta de dados, softwares de análise de dados e integração entre sistemas que compõe todo o processo. Portanto, para implementação da manutenção 4.0, é imprescindível o uso de um *Manufacturing Execution System* (MES) e um sistema integrado de gestão empresarial denominado *Enterprise Resource Planning* (ERP).

Di Bona *et al.* (2021) apresenta um estudo sobre a implementação das tecnologias habilitadoras na área da manutenção. O artigo corrobora o fato da geração de uma grande quantidade de dados de processos digitalizados e do grande potencial dos *insights* gerados do monitoramento e análise desses dados na manutenção. Uma das grandes possibilidades geradas pela quarta revolução digital é o da manutenção autônoma, onde robôs podem atuar diretamente na manutenção do processo, sem a necessidade de um operador. Essa aplicação é incentivada em atividades de operações de alto risco.

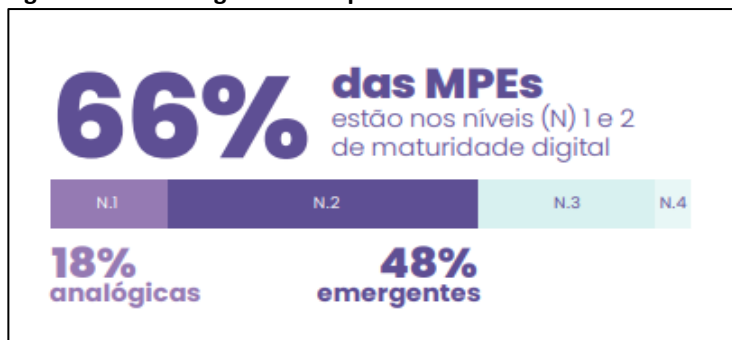
Em consequência, a atividade do operador de manutenção está mudando. Suas funções terão menor dependência de esforço físico, e irá consistir na supervisão da produção automatizada, atuando na análise de dados e informações geradas pelos sistemas.

No entanto, mesmo com a rápida evolução e aplicação das tecnologias dentro dos processos, há limitações na construção de algoritmos “auto decisores” pela alta complexidade inerente à construção desses modelos, pois cada processo possui características específicas (Di Bona *et al.* 2021).

2.2 A manutenção 4.0 no contexto do Brasil

De acordo com um estudo realizado em 2021 pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) com microempresas e empresas de pequeno porte (MPEs), 66% das MPEs se encontram nos níveis 1 e 2 da maturidade digital, conforme mostra a figura 3. A escala de maturidade digital varia de 1 a 4, onde 1 é totalmente analógica e 4 é considerada liderança digital. Portanto, no Brasil, há uma alta concentração de empresas ainda na fase de implementação de ferramentas digitais.

Figura 3 – Porcentagens das empresas brasileiras localizadas entre os níveis 1 e 2 de maturidade digital



Fonte: ABDI (2021)

Os sistemas de manutenção 4.0 ainda estão pouco disponíveis no mercado, pois exigem tecnologia de alto nível de complexidade e, como dito anteriormente, a criação dos algoritmos que garantem soluções robustas, exigem grande empenho da comunidade científica e industrial. Por enquanto, as indústrias de geração elétrica, saneamento e tratamento de esgoto são os setores que mais investem em aplicações de novas tecnologias na manutenção, pois as paradas desses processos causam grande prejuízo (Souza *et al.* 2022).

De acordo com Souza *et al.* (2022) a maioria das empresas brasileiras se enquadram entre as escalas de modernização fabril da segunda e terceira revolução indústria, com a implementação, em certos casos, de um bom nível de automação, mas não chegam à integração de sistemas e processos requisitados pela digitalização.

Através de uma simples pesquisa realizada na plataforma ESPACENET, o qual é um banco de dados de patentes, com as palavras-chave *Industrial Maintenance* e *Industry 4.0*, foram encontrados mais de 5000 mil registros. Já combinando isso com a inserção da palavra “Brazil”, esse número foi reduzido para apenas 191 registros, ou seja, menos do que 0,05% do total encontrado.

3. METODOLOGIA

Tendo em vista o cenário atual da digitalização das indústrias no Brasil, esse artigo possui a proposta de apresentar uma aplicação de fácil implementação, de modo a incentivar o aumento de maturidade digital da área da manutenção de uma indústria de pequeno porte.

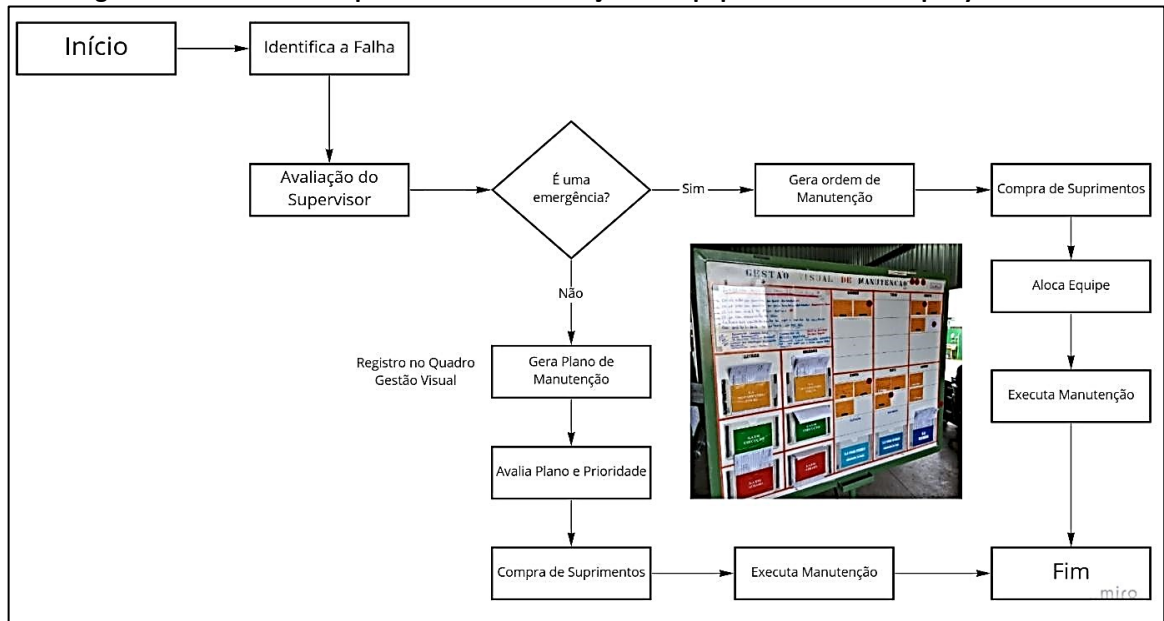
O presente artigo não visa apresentar dados quantitativos anteriormente e posteriormente à implementação da aplicação. Devido a questão de sigilo de informações e prazo de elaboração do estudo, não foi possível realizar coleta e análise de dados reais. Portanto, a visão apresentada tem caráter apenas qualitativo, considerando informações encontradas em literatura.

Será considerada uma empresa hipotética, denominada como “Company2.0”, a qual será uma representação de uma empresa real, que passou por um atendimento do SENAI, com o objetivo de aprimorar os processos da área da manutenção. A Company2.0 atua com a produção de tubos corrugados com o auxílio de extrusoras específicas para esse produto.

Na área de manutenção, o apontamento de informações é realizado utilizando papéis e quadro físico como suporte para gestão visual e, em algumas situações, alguns operadores registram dados em planilhas. Isso faz com que não se tenha conhecimento das informações em tempo real das ações de manutenção. Isso reduz a confiabilidade e disponibilidade das informações que trafegam pelo chão de fábrica e até mesmo para criação de indicadores (*Key Performance Indicator* - KPIs) para o nível de gestão da empresa. Não há coleta de variáveis com sensores inteligentes em tempo real e análise de modelos preditivos.

A Figura 4 representa o atual fluxo de operação da área de manutenção da Company2.0. Com esse fluxo, podemos identificar diversos pontos de melhoria. Primeiramente, a cultura da empresa impossibilita um plano de manutenção preventivo adequado aos processos. Os registros de manutenção são realizados em papéis e/ou quadro de gestão visual. Esses papéis podem ser rasurados e as anotações podem ser apagadas do quadro. Não há um histórico dos registros de manutenção. As aquisições de suprimentos são realizadas de forma reativa. Relatórios gerados ao final da execução da manutenção são registrados de forma física, o que dificulta uma análise posterior.

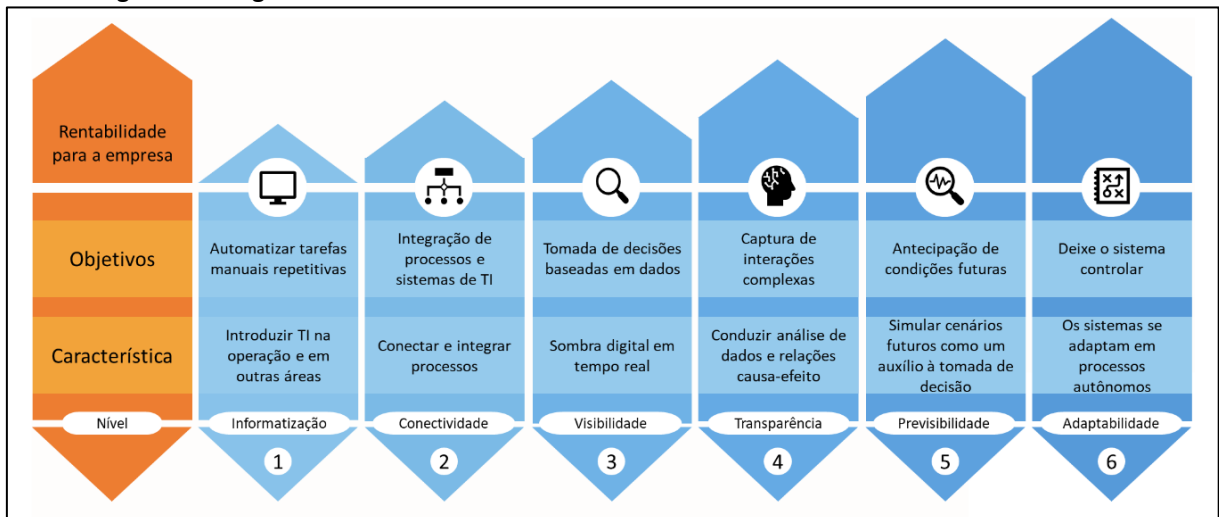
Figura 4: Fluxo básico do processo de manutenção de equipamentos da Company2.0



Fonte: Elaborada pelo autor

Quando se trata da maturidade de um processo em relação à Indústria 4.0, existem diversos modelos que representam as etapas de uma transformação digital. No caso estudado nesse artigo, a empresa está num processo de informatização, ou seja, na introdução de sistemas numa operação. A Figura 5 apresenta os estágios de evolução que uma empresa deve seguir para garantir a digitalização dos processos e pertencer ao nível de Indústria 4.0.

Figura 5 - Estágios do caminho de desenvolvimento da indústria 4.0



Fonte: Elaborada pelo autor adaptado de Schuh *et al.* (2020).

Portanto, esse artigo não tem a pretensão de elaborar e tratar de sistemas e/ou gerar integração de produção, administração e negócios de uma empresa. Esse nível de maturidade envolve o MES e o ERP. Logo, o objetivo é implementar um sistema de registro de ordens de manutenção, para que se tenha um banco de dados das execuções, de forma a criarmos informação e inteligência do processo.

Vale sempre comentar o alto valor de implementação de sistemas robustos para integração dos processos. O sistema SAP®, altamente conhecido no mercado dos ERPs, é um exemplo de sistema extremamente custoso e necessita de um bom tempo de implementação para gerar resultados. O foco desse artigo é apresentar uma solução inicial de apenas uma etapa da digitalização do processo, o qual tem baixo custo e rápida implementação. Além disso, antes da implementação sistemas complexos, precisa-se ajustar a cultura da empresa em relação às novas tecnologias, de forma a preparar a mão de obra que estará em contato com as atualizações do processo.

4. APLICAÇÃO – CASE INDÚSTRIA

A partir da análise inicial do processo de manutenção da Company2.0 e do entendimento do fluxo atual de execução das manutenções, a primeira ação foi entender os dados necessários a serem coletados numa criação de ordem de manutenção. Para cada ordem de manutenção, é necessário um colaborador vinculado, o qual abre a ordem. Portanto, precisamos criar um banco de usuários no sistema.

Um banco de usuários usual, pode ser registrado com os seguintes dados:

- a) Nome;
- b) E-mail;
- c) Definição de função – manutentor ou não;
- d) Determinação do tipo de acesso (administrador ou padrão)
- e) Senha de acesso ao sistema;
- f) Data de cadastro.

Na figura 6 é mostrado uma tela deste sistema elaborado pela equipe de Tecnologia da Informação (TI) do Instituto SENAI de Tecnologia em Metalmeccânica do SENAI São Paulo.

Figura 6: Representação de uma tela de registro de usuários

Usuários

Criar Usuário

X Cancelar ✓ Salvar

Nome

E-mail

Senha

Confirmar senha

Manutentor

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após o registro de usuários, é necessário registrar as máquinas do processo. Como o processo tratava da produção de tubos corrugados, será feito uma simplificação das peças estudadas, reduzindo-as apenas em moldes e ponteiros.

Logo, pode-se considerar os dados abaixo para o registro de ponteiros e moldes:

- Denominação da peça;
- Localização da peça (áreas dentro da indústria);
- Determinar se a peça está ativa para uso ou não;
- Data de registro.

A figura 7 mostra as telas de registro de ponteiro e moldes elaborado pela equipe de TI do Instituto SENAI de Tecnologia em Metalmeccânica do SENAI São Paulo.

Com o registro de colaboradores e peças do processo, seguimos para as informações de registro de uma suposta solicitação de serviço. Nesse caso hipotético, podemos considerar os seguintes dados para a criação de solicitação de serviço:

- Determinação do molde com falhas;
- Determinação da ponteira com falhas;
- Tipo de defeito (amasso e/ou rebarba);
- Tipo de material;
- Características do pino;
- Campo observações para maior detalhamento.

Figura 7: Representação de uma tela de registro de peças e máquinas de um processo

The image shows two screenshots of web forms. The top form is titled 'Criar Ponteira' and the bottom form is titled 'Criar Molde'. Both forms have a header with 'x Cancelar' and '✓ Salvar' buttons. The 'Criar Ponteira' form has input fields for 'Nome' and 'Localização', and a checked checkbox labeled 'Inativa'. The 'Criar Molde' form has input fields for 'Nome' and 'Localização', and a checked checkbox labeled 'Inativo'.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A figura 8 mostra a tela para criação de uma Ordem de Serviço (OS), ou solicitação de serviço, elaborado pela equipe de TI do Instituto SENAI de Tecnologia em Metalmeccânica do SENAI São Paulo.

Figura 8: Representação de uma tela para criação de uma solicitação de serviço

Fonte: Elaborada pelo autor

Após a criação da solicitação de serviço, a área da manutenção pode entrar em ação para buscar uma solução. Nesse momento, é necessário a criação de um *dashboard* (painel de controle), para que a área tenha em mãos todos as solicitações que foram abertas e estão aguardando serviço.

A Figura 9 indica os principais dados de registro de uma ordem de manutenção, os quais podem ser utilizados pela supervisão para priorização das ações.

Figura 9: Dashboard das solicitações de manutenção

| Número | Solicitante | Molde | Ponteira | Recebido Por | Status | Abertura |
|--------|------------------|---------|------------|-----------------------|--------------------|------------|
| 1026 | João da Silva | Molde C | Ponteira C | João dos Santos Silva | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1025 | Maria Souza | Molde E | Ponteira E | José de Souza | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1024 | José Silva | Molde E | Ponteira E | João dos Santos Silva | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1023 | Manoel Pereira | Molde A | Ponteira A | José de Souza | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1022 | Antonio da Silva | Molde B | Ponteira B | José de Souza | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1021 | José Pereira | Molde H | Ponteira H | João dos Santos Silva | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1020 | Maria Silva | Molde B | Ponteira B | João dos Santos Silva | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1019 | Antonio Souza | Molde C | Ponteira C | José de Souza | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1018 | José de Souza | Molde E | Ponteira E | João dos Santos Silva | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1017 | Ana Pereira | Molde D | Ponteira D | José de Souza | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1016 | Ana Pereira | Molde C | Ponteira C | José de Souza | Finalizado | 22-03-2021 |

Fonte: Elaborada pelo autor

Uma parte muito interessante de um sistema como esse é a criação de um banco de dados que terá grande valor no futuro. A Figura 10 representa a seção do sistema que possibilita a extração de relatórios a partir de determinados filtros. Esses relatórios poderão

ser utilizados para gerar informação e até inteligência dos processos, pois poderão fornecer predições sobre quebras ou simplesmente auxiliar uma manutenção preventiva.

Figura 10: Extração de relatórios dos dados registrados pelos solicitantes de manutenção

| Número | Solicitante | Molde | Ponteira | Recebido Por | Status | Abertura |
|--------|------------------|---------|------------|-----------------------|--------------------|------------|
| 1026 | João da Silva | Molde C | Ponteira C | João dos Santos Silva | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1025 | Maria Souza | Molde E | Ponteira E | José de Souza | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1024 | José Silva | Molde E | Ponteira E | João dos Santos Silva | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1023 | Manoel Pereira | Molde A | Ponteira A | José de Souza | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1022 | Antonio da Silva | Molde B | Ponteira B | José de Souza | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1021 | José Pereira | Molde H | Ponteira H | João dos Santos Silva | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1020 | Maria Silva | Molde B | Ponteira B | João dos Santos Silva | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1019 | Antonio Souza | Molde C | Ponteira C | José de Souza | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1018 | José de Souza | Molde E | Ponteira E | João dos Santos Silva | Aguardando Serviço | 22-03-2021 |
| 1017 | Ana Pereira | Molde D | Ponteira D | José de Souza | Finalizado | 22-03-2021 |
| 1016 | Ana Pereira | Molde C | Ponteira C | José de Souza | Finalizado | 22-03-2021 |

Fonte: Elaborada pelo autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste artigo foi proposta uma implementação desse sistema de registro de ordens de manutenção considerando uma empresa hipotética, nomeada como Company2.0. Entretanto, esse sistema foi implementado em áreas de manutenção reais, e diversos resultados positivos foram observados.

Alguns dos resultados observados estão pontuados a seguir:

- Dados de quebra de equipamento e ações de manutenção registrados em banco;
- Maior confiabilidade e disponibilidade dos dados de manutenção;
- Supervisor da área de manutenção pôde priorizar ações e tomar decisões mais embasadas, tendo a visão do dashboard;
- Realização de compras de peças de reposição mais assertivas;
- Possibilidade de correlacionar dados e informações dos datasheets dos equipamentos com dados reais de quebras e falhas;
- Redução de papéis no chão de fábrica;

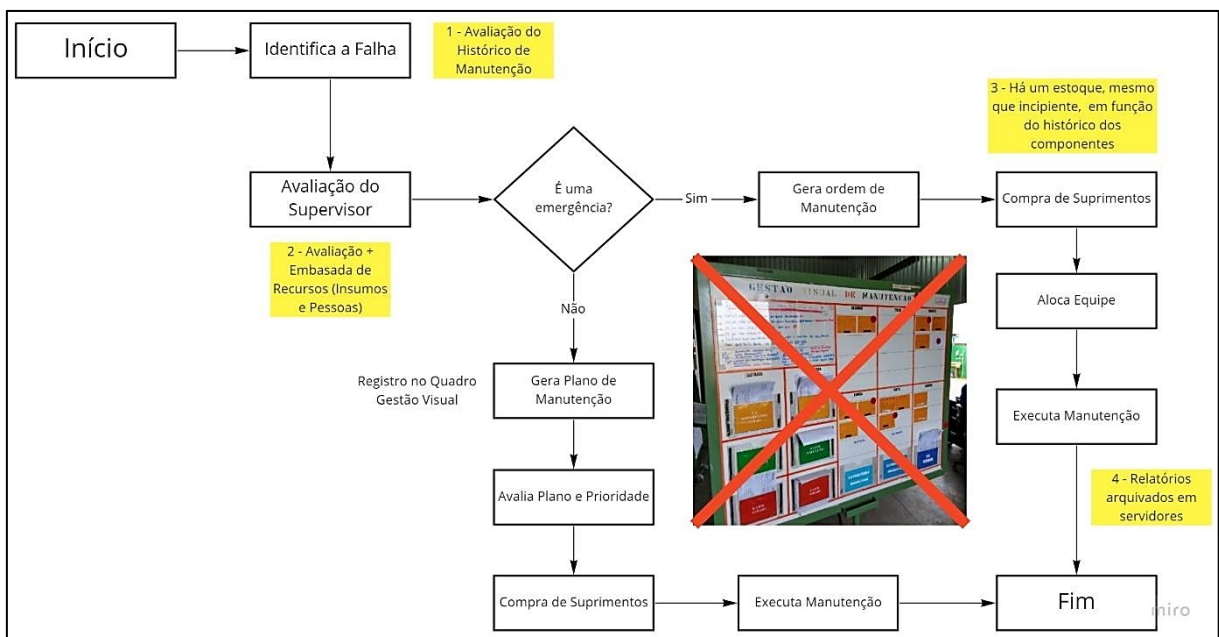
O resultado mais importante com a implementação desse sistema é o início de uma cultura de registro de dados, padronização e implementação de melhorias de processo, o que pode ser fomentado pela aplicação de uma cultura embasada pelos pilares do *Lean Manufacturing*. Posteriormente, o processo de digitalização de processos se tornará mais fácil de ser aplicado e incentivado.

Mesmo que a otimização e digitalização do processo traga ganhos operacionais e econômicos, é necessário dispender grande esforço da gestão na realização de treinamentos e aproximação com os operadores de forma a evitar desafios no período de adaptação cultural.

Considerando o fluxo apresentado pela Figura 11, com o uso de um sistema semelhante ao estudado nesse artigo, pode-se destacar os seguintes pontos de melhoria (destacados em amarelo):

- a) Avaliação do histórico de manutenção no momento de identificação da falha, pois há um banco de dados reais e seguros (1);
- b) Avaliação mais inteligente de recursos e pessoas pelo supervisor, pois há uma visão macro de todas as ordens abertas (dashboard) (2);
- c) Considerando o histórico de quebras, podemos iniciar, de forma simplista, um estoque de insumos mínimos (3);
- d) Os relatórios de manutenção serão armazenados em servidores, ou mesmo na nuvem, o que possibilita o estudo de grande quantidade de dados de forma a gerar informação e inteligência (4).

Figura 11: Fluxo básico de manutenção industrial com aplicação da digitalização das ordens de manutenção



Fonte: Elaborada pelo autor

De maneira objetiva, é possível apresentar as seguintes melhorias com a digitalização do referido processo:

- a) Benefícios econômicos:
 - Redução de paradas não planejadas (% ou tempo médio).
 - Redução nos custos de manutenção corretiva.
 - Aumento da vida útil dos ativos.
 - Diminuição do estoque de peças emergenciais.

b) Benefícios ambientais:

- Menor descarte de peças substituídas prematuramente;
- Menor uso de papel com processos digitais;
- Redução do consumo de energia em operações mais eficientes;
- A digitalização pode gerar dados para recondicionamento e reutilização de peças;
- Ajuda a identificar ciclos de vida e planejar descarte correto;
- Equipamentos bem mantidos consomem menos energia.
- Paradas inesperadas muitas vezes levam a processos ineficientes e mais poluentes (ex: queima extra de combustível, perda de matérias-primas).

Esse processo de digitalização das ordens de manutenção é apenas o início da informatização dos processos e implementação das tecnologias coligadas à Indústria 4.0. No entanto, não deixa de ser uma ação eficaz no aumento de maturidade tecnológica de indústrias que possuem ainda processos desatualizados e defasados.

5. CONCLUSÃO

A digitalização dos processos e implementação das tecnologias habilitadoras, tão difundidas na mídia atualmente, fazem parte de uma revolução industrial e determina mudanças abruptas e inevitáveis no setor industrial e na sociedade. Na área da manutenção não é diferente e, como essa área representa boa parte das despesas dos processos de fabricação, há uma forte necessidade de implementação de um sistema de manutenção informatizado.

A gestão de ativos beneficia a área da manutenção com maior desempenho e redução de custos, mas só é implementada com um determinado nível de maturidade da área. Devido aos altos custos de implementação das ferramentas necessárias para gestão de ativos, ainda observamos uma boa quantidade de pequenas e médias indústrias em baixo nível de maturidade tecnológica. Portanto, uma aplicação simples pode apresentar grandes benefícios para indústrias desse grupo.

A partir de um sistema simples de registro de solicitações de manutenção, pode-se criar um banco de dados digitalizado, o que facilita a priorização de ações e uso de recursos da área, além de gerar informação confiável das operações de manutenção e possibilitar um estudo embasado com o histórico dos registros e apoiar a manutenção preventiva.

Para aprimorar o sistema estudado nesse artigo, trazendo a possibilidade de uma manutenção preditiva, seria necessário a execução de algumas ações como as exemplificadas a seguir:

- a) Instalação de sensores IoTs de medição de alguns parâmetros, como vibração e temperatura, em equipamentos chave, de forma a obter coleta automatizada de dados;
- b) Elaboração de *dashboards* com KPIs específicos para a área de manutenção;
- c) Aquisição dos *tablets*, de forma a facilitar a visualização dos dados e informações dos equipamentos e processos pelos operadores e supervisores;
- d) Alertas para atuação da equipe de manutenção;
- e) Implementação do sistema MES.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Maturidade digital das MPEs brasileiras**. 2021. Disponível em: https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/Mapa_da_Digitaliza%C3%A7%C3%A3o_das_MPEs_Brasileiras_1_1.pdf. Acesso em: 02 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. Acesso em: 12 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 55000**: Gestão de ativos: terminologia, visão geral e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BORLIDO, D. J. A. **Indústria 4.0**: aplicação a sistemas de manutenção. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Aumenta uso de tecnologias digitais na Indústria brasileira, mas Indústria 4.0 ainda é incipiente**. 2022. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-83-industria-40-cinco-anos-depois/>. Acesso em: 02 fev. 2023.

DELECRODIO, T. ; NEVES, G. R.; LUCATO, W. C. A manutenção de ativos no contexto da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica e sistemática. **Exacta**, v.21, n.1, p. 23-52. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352758271_A_manutencao_de_ativos_no_contexto_da_Industria_40_uma_analise_bibliometrica_e_sistemica. Acesso em: 03 fev. 2023.

DI BONA, G.; CESAROTTI, V.; ARCESE, G.; GALLO, T. Implementation of industry 4.0 technology: new opportunities and challenges for maintenance strategy. 2021. **Procedia Computer Science**. Department of Civil and Industrial Engineering, 180, p. 424-429. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349486533_Implementation_of_Industry_40_technology_New_opportunities_and_challenges_for_maintenance_strategy. Acesso em: 04 fev. 2023.

DYNAMOX. Quais segmentos gastam mais com máquinas industriais? 11 março 2018. **Ind4.0** Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/16472-quais-segmentos-gastam-mais-com-manutencao-de-maquinas-industriais> . Acesso em: 04 fev. 2023.

GRESSLER, F.; SELEME, R.; SILVA, W. de A.; MARQUES, M. A. M. Diagnóstico do grau de maturidade do sistema de gestão orientado para a manutenção 4.0. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 14951–14978, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8041>. Acesso em: 05 fev. 2023.

GONÇALVES, H. R. D. **Gestão da manutenção na Indústria 4.0**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Instituto Politécnico de Setúbal - Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Portugal, 2020. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/34667>. Acesso em: 05 fev. 2023.

MARINELLI, I. Entenda o que é a curva PF. **Revista Manutenção**, 07 de janeiro 2022. Disponível em: <https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/gestao-de-ativos/entenda-o-que-e-a-curva-pf.html#:~:text=O%20principal%20objetivo%20da%20curva,modo%20de%20falha%20ou%20sintoma>. Acesso em: 06 fev. 2023.

SCHUH, G. ANDERL, R.; DUMITRESCU, R.; KRÜGER, A.; HOMPEL, M. T. **Industrie 4.0 maturity Index: managing the digital transformation of companies**. Munique: Acatech Study, 2020. Disponível em: <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/>. Acesso em: 07 fev. 2023.

SILVA, F. A. **Gestão da manutenção na Indústria 4.0**. 2019. 61 f. Monografia - Curso de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/1121>. Acesso em: 07 fev. 2023.

SOUZA, V. C. de; MARCHI, C. de S.; BUENO, N. V.; FAUSTINO, T. S.; BARREIRO, T. A. Utilização das tecnologias da indústria 4.0 na manutenção preditiva através do monitoramento de equipamentos e instalações / Use of industry 4.0 technologies in predictive maintenance through monitoring equipment and facilities. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 7063–7083, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n1-478. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/43302> . Acesso em: 07 fev. 2023.

TONDATO, R. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia. Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5167>. Acesso em: 08 fev. 2023.

VENTURELLI, M. **Manutenção 4.0: impactos na manutenção industrial com a indústria 4.0**. 2022. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/manutencao-4-0-impactos-na-manutencao-industrial-com-a-industria-4-0/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer pelo apoio e paciência oferecida pelo prof. Me. Thiago Tadeu Amici durante toda a jornada de aulas e estudo, na qual desempenhou um excelente e admirável trabalho, compartilhando todo seu conhecimento sobre as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, de uma maneira didática e entusiasta. Agradeço também, meu grande amigo, Raphael Nascimento, o qual me auxiliou em diversos momentos durante meu processo de aprendizagem e seu apoio foi fundamental na elaboração desse artigo. Sou grato aos meus pais, pelo constante suporte e base de valores e à Deus pela vida.

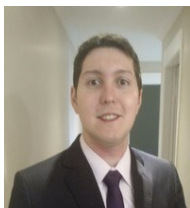
Sobre os Autores

ⁱ Felipe Martini Pantaleão

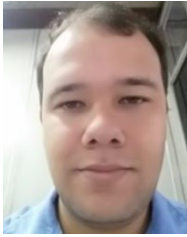


Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Paraná (2018), possui conhecimento e experiência na engenharia de processos, com atuação em processos de injeção, extrusão e manutenção no Grupo Tigre, aplicando ferramentas de Lean Manufacturing nas áreas supracitadas. Iniciou sua carreira no SENAI São Paulo como Trainee (2019), com o objetivo de fomentar ações e projetos voltados às tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Atualmente, trabalha no Núcleo de Projetos do Distrito Tecnológico como gestor de projetos. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-3492-2146>

ⁱⁱ Thiago Tadeu Amici



Professor nos cursos de pós-graduação de Indústria 4.0 nas modalidades presencial e EAD, no MBA de Gestão de Projetos aplicados a inovação em Indústria 4.0 e nas graduações em Engenharia de Controle e Automação, em Tecnologia em Mecatrônica e Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Assessora projetos industriais com foco na Indústria 4.0, onde desenvolveu inúmeros projetos como integrador de relevância nacional e internacional. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, Automação Industrial, Mecatrônica, Robótica e Indústria 4.0. Experiência internacional na aprovação de linha de produção e sua instalação no Brasil. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-1800-4854>

iii José Roberto dos Santos

Docente na pós-graduação em Indústria 4.0 e na graduação em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Mais de 9 anos de experiência como professor em cursos técnicos e formação inicial e continuada. Pós-graduado em Segurança da Informação, com formações em TI, Sistemas de Informação e Automação Industrial. Possui treinamentos em Linux, Cisco e Microsoft. Atua nas áreas de redes, segurança da informação e automação. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5201-7731>

iv Jorge Antonio Giles Ferrer

Doutor em Engenharia Mecânica pela UNICAMP. Mestre em Engenharia Mecânica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. Engenheiro Mecânico pela Pontificia Universidad Católica del Perú. Professor Adjunto da Faculdade SENAI de Tecnologia em Mecatrônica em São Caetano do Sul SP, onde ministra disciplinas no Curso de Engenharia de Controle e Automação, e no Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica. Membro do Banco de Avaliadores do SINAES - MEC e Avaliador do Projeto de Formação Dual em Mecatrônica da Câmara Brasil-Alemanha. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4698-3968>