ARTIGO ORIGINAL

AQUINO, Fagner da Silva ^[1]

AQUINO, Fagner da Silva. Plataforma De Baixo Custo Utilizada Como Ferramenta Para Análise De Viabilidade Na Automação Industrial. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento. Ano 06, Ed. 05, Vol. 09, pp. 208-247. Maio De 2021. ISSN: 2448-0959, Link De Acesso:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/analise-de-viabilidade>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/analise-de-viabilidade

Contents

- RESUMO
- 1. INTRODUÇÃO
- 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA
 - 2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
 - 2.1.1 MOTIVAÇÕES PARA O USO DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS
 - 2.1.2 CONDIÇÕES DE SEGURANÇA
 - 2.1.3 AUTOMAÇÃO E SEUS BENEFÍCIOS
 - 2.1.4 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROCESSO DE AUTOMAÇÃO
 - 2.2 REAÇÕES DO MERCADO COM A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
 - 2.2.1 CÍRCULO DE CONTROLE DE QUALIDADE
 - 2.2.2 PDCA
 - 2.2.3 TPS
 - 2.3 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL DE BAIXO CUSTO
- 3. METODOLOGIA
 - 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA
 - 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO
 - 3.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA
 - 3.3.1 PRIORIZAÇÃO DO PROBLEMA
 - 3.3.2 OBSERVAÇÃO DO PROBLEMA
 - 3.3.3 ANÁLISE DO PROBLEMA
 - 3.3.4 PLANO DE AÇÃO
 - 3.3.5 AÇÃO
- 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO
 - 4.1 GANHOS INTANGÍVEIS
 - 4.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO
- 5. CONCLUSÃO
- REFERÊNCIAS

RESUMO

Automação industrial é responsável por unir fornecedores de tecnologia e consumidores finais envolvidos sobre a redução contínua dos custos e perdas, a fim de contribuir para a produção de bens ou serviços de uma empresa. O objetivo deste trabalho é demonstrar a

possibilidade do uso da plataforma de baixo custo como ferramenta de análise de viabilidade na automação industrial, antecipando os retornos que os investimentos podem gerar, ajudando na tomada de decisão se vale a pena ou não investir. O presente trabalho apresenta um estudo de caso da implementação dessas plataformas na automação de duas máquinas no píer de uma área portuária, utilizadas em seu processo de descarga de navios, analisando sua aplicação e viabilidade, salientando os impactos anteriores as ações de cunho técnico e os ganhos econômicos, operacionais, de saúde e segurança do processo produtivo.

Palavras-Chave: Automação Industrial, Plataforma de baixo custo, Análise de Viabilidade.

1. INTRODUÇÃO

As aplicações de automação industrial evoluíram muito recentemente, cresceram em tamanho e complexidade. Hoje em dia, dispositivos industriais como robôs, lógica programável controladores (PLCs) e PCs industriais (IPCs) incorporam poderosos recursos lógicos que permite a modificação do seu comportamento, dependendo de uma avaliação do meio envolvente e nas interações com outros dispositivos. Requisitos para um melhor controle de processo de fabricação e a melhoria da funcionalidade ditaram este progresso, a fim de aumentar o desempenho e a eficiência global.

A área de automação industrial é responsável por unir fornecedores de tecnologia e consumidores finais envolvidos sobre a redução contínua dos custos e perdas, a fim de contribuir para a produção de bens ou serviços de uma empresa. A convergência da Tecnologia de Automação (AT) e da Tecnologia da Informação (IT) impulsionou o desenvolvimento destas novas soluções que oferecem mais flexibilidade e facilitam a integração dos sistemas composto por vários fabricantes.

O uso do Arduino com hardware e software acessível, de fácil utilização por iniciantes e profissionais, possui baixo custo e flexibilidade de uso, possibilitando a sua utilização principalmente por usuários que não possuem acesso aos controladores mais rebuscados e ferramentas mais complexas, sendo utilizado na construção e desenvolvimento de elementos e objetos de aprendizagem interativos, podendo ser conectado a um computador e assim desenvolver circuitos ou sistemas com diversas aplicações, entre elas no âmbito residencial e

industrial.

Dessa forma, percebe-se que sem a implementação de máquinas e processos alinhados às normas de segurança qualquer ambiente industrial está sujeito a catástrofes e fatalidades. Deixando claro que os sistemas de segurança automatizados são indispensáveis para a sustentabilidade de uma indústria e proteção do seu patrimônio humano, social e ambiental.

Considerando o exposto, o objetivo geral deste estudo é expor que as plataformas de baixo custo pode ser utilizada como ferramenta para análise de viabilidade na automação industrial, antecipando os retornos que os investimentos podem gerar, ajudando na tomada de decisão se vale a pena ou não investir.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A capacidade humana de utilizar a potência da máquina como substituto do esforço humano ou animal pode ser tratado como a primeira revolução da indústria. Da perspectiva acima, a máquina a vapor pode ser tratada assim devido à sua capacidade de criar uma grande quantidade de trabalho com o mínimo de esforço humano. A segunda revolução industrial pode ser vista como a eletricidade e seus outros benefícios. A energia elétrica e sua capacidade de transportar a energia de um lugar para outro mudaram a paisagem industrial e criou um grande crescimento e novas possibilidades para a indústria (MEHTA, 2017).

De acordo com Mehta (2017) a revolução subsequente pode ser vista após a invenção dos microcontroladores. Atualmente, o mundo está experimentando a revolução criada pela Internet e a forma como ela pode impactar todas as indústrias e pessoas. A riqueza de informação e a capacidade de conectar múltiplas coisas em conjunto mudaram o caminho da operação e produção das indústrias.

A automação industrial desempenha um papel importante no aumento da eficiência na produção, reduzindo o consumo de energia e otimizando o modo de produção de acordo com o modelo de negócio. Desde esta década, impulsionada pela demanda social e o rápido

desenvolvimento de tecnologias, a exemplo dos grandes dados, autoaprendizagem, computação em nuvem e Internet de coisas (IoT), os sistemas de automação industrial estão mudando de sistemas centralizados para sistemas ciberfísicos. Esta onda de inovação técnica é agora reconhecida como a 4ª revolução industrial (SUN, 2017).

2.1.1 MOTIVAÇÕES PARA O USO DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS

De acordo com Gamer (2019) durante os últimos 40 anos, grandes partes das plantas de processos foram automatizadas, a fim de aumentar a confiabilidade e diminuir a necessidade de energia humana. A autonomia é o próximo passo, que aumentará ainda mais a flexibilidade e a eficiência das plantas de processo. Além disso, a autonomia pode permitir a reformulação completa dos processos de produção, ou mesmo a implementação de novos modelos de negócio que nem sequer são considerados atualmente.

Melhorar processos é uma ação básica para as organizações responderem às mudanças que ocorrem constantemente em seu ambiente de atuação e para manter o sistema produtivo competitivo. Pode-se dizer que esse movimento mais recente de gestão de processos está fortemente associado à adoção da tecnologia da informação (PAIM et al, 2009).

Gamer (2019) afirma que não há nada de novo num sistema que reage à mudança em tempo real. Carros, por exemplo, já possuem uma quantidade considerável de automação de baixo nível, como o controle eletrônico de estabilidade (ESC), sistema de travagem antibloqueio (ABS) ou controle de cruzeiro. O mesmo se aplica às instalações industriais com, por exemplo, sistemas de segurança e malhas de controle básicas.

Segundo Fujishima (2016) “entre as demandas dos clientes, ter máquinas que não quebram quando são instaladas e começam a operar em suas fábricas ainda é o mais importante”.

Para Gamer (2019) o benefício de um maior nível de autonomia para uma planta de processo é múltiplo. Possíveis vantagens são: Independência de especialistas humanos, melhor gestão da complexidade crescente do sistema, capacidade de reagir em tempo real em caso de interrupção e para operações, previsibilidade, otimização de processos e operações, especialmente em ambientes remotos ou perigosos.

Gamer (2019) afirma que em qualquer caso, o objetivo é melhorar o rendimento, a qualidade ou o custo. Embora a autonomia possa ser levada a qualquer parte e fase do ciclo de vida de uma instalação, a fase do ciclo de vida considerada em primeiro lugar no presente documento são as operações.

2.1.2 CONDIÇÕES DE SEGURANÇA

“As verificações de segurança automatizadas baseadas nas condições atuais da planta terão um impacto positivo importante na segurança da planta e ajudarão a reduzir os riscos significativos para a saúde ocupacional na indústria” (GAMER, 2019).

Os acidentes graves são raros e, por isso, as pessoas acreditam que ele nunca irá acontecer. Na verdade, para que um grande acidente aconteça, várias barreiras devem falhar sucessivamente. A história mostra que as empresas com longas histórias de segurança podem ser surpreendidas por acidentes catastróficos (SILVA, 2017).

Segundo Silva (2017) a tecnologia envolvida em qualquer processo perigoso é fundamental para reduzir a probabilidade de um acidente. Da história, é evidente que os acidentes tendem a aumentar quando uma perda de conhecimento ocorre. No início da revolução industrial, os acidentes eram eventos considerados inevitáveis; no entanto, os regulamentos governamentais eventualmente forçaram os responsáveis por tais processos a aprofundar os seus conhecimentos tecnológicos e, por conseguinte, melhorar a segurança.

De acordo com Eckhart et al. (2019) O teste de aplicações de automação tornou-se um pilar crucial de qualquer projeto de engenharia de sistemas de produção (PSE) com a proliferação de sistemas ciberfísicos.

Na medida em que os sistemas se tornam complexos, é necessário encontrar técnicas para torná-los fáceis de operar. Uma dessas técnicas é criar uma interface homem-máquina amigável para evitar erros durante a intervenção humana, principalmente em situações de emergência. Além disso, um trabalhador deve realizar uma formação profunda a fim de desempenhar adequadamente a sua função, porque ele/ela vai precisar de alta capacidades cognitivas para compreender prontamente os problemas e fornecer solução eficaz. Isto implica um bom conhecimento tecnológico que instalações a capacidade de associar fatos

diferentes, com o objetivo de chegar a uma decisão sábia (SILVA, 2017). Quando isso não acontece e camadas de proteção falharem, o acidente ocorrerá ou os efeitos do acidente se agravarão (SILVA, 2017).

2.1.3 AUTOMAÇÃO E SEUS BENEFÍCIOS

Ao longo das últimas décadas, a ênfase na indústria mundial tem sido na produção de bens ou prestar serviços de qualidade, coerência e com uma boa relação custo-eficácia, a fim de os manter no mercado. Qualidade, consistência e competitividade não podem ser alcançadas sem automatizar o processo de fabricação de bens e prestação de serviços. Em linha com esta tendência, a aplicação da automação está presente em quase todas as aplicações, desde águas profundas até ao espaço, e ganhou a confiança do mundo para alcançar os resultados desejados. Ao longo dos anos, a tecnologia de automação tem avançado juntamente com várias outras tecnologias. As principais tecnologias de condução e capacitação são informação, comunicação, redes e eletrônica (SHARMA, 2017).

Esta lista abaixo mostra a evolução da tecnologia de automação nas últimas décadas:

- 1940-1960: Pneumático;
- 1960-2000: Analógico: Elétrico, mecânico e hidráulico;
- 1980-1990: Digital: Proprietário;
- 2000 em diante: Digital: Aberto.

Para Love (2019) o desejo das organizações de se envolverem com tecnologia digital tem a necessidade de legitimar um processo de benefícios antes de fazer um investimento financeiro para entender “como” as tecnologias digitais podem se unir, gerar valor comercial e melhorar sua competitividade.

Melhorias na competitividade, produtividade e segurança no trabalho na indústria da construção tem sido estimulada, em parte, pela automação de processos tradicionais, manuais e em suporte de papel, possibilitados por uma série de tecnologias digitais como por exemplo, a construção de informação, modelagem (BIM), internet das coisas (IoT), dispositivos vestíveis e sensores. Muitas vezes, o motor subjacente para as organizações que investem em tecnologias digitais é fornecer aos gerentes uma solução rápida e de alta

qualidade (LOVE, 2019).

2.1.4 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROCESSO DE AUTOMAÇÃO

Dentro da literatura de gestão da construção e engenharia, a importância da avaliação da tecnologia, especificamente o processo de gestão de benefícios tem sido negligenciado ou mal compreendido, particularmente no contexto do impulso para que a indústria se envolva com o processo tecnológico da IoT e Indústria 4.0, ou seja, quando são utilizadas tecnologias transformadoras para conectar o físico com o mundo digital. Como resultado, as mudanças que muitas vezes são necessários para a estratégia, estrutura, processos e políticas de uma organização, bem como o impacto das pessoas têm sido em grande parte ignorado (LOVE, 2019).

O número de estudos sobre o “futuro do trabalho”, que estimam o impacto potencial da automatização em emprego, tem crescido rapidamente nos últimos anos. Receberam, no entanto, muito pouco atenção crítica e merecem um exame mais atento. Um motivo de preocupação são as insuficiências de a sua abordagem metodológica, que assenta na medição da viabilidade técnica da automatização nas ocupações e tarefas específicas. Fazê-lo, no entanto, cria uma sensação ilusória de certeza e desconta o papel das determinantes não técnicas subjacentes aos avanços e à utilização de tecnologias automatizadas (BOYD, 2019).

Para Rihar (1997) o estudo de viabilidade tem geralmente três objetivos: identificar os utilizadores responsáveis, desenvolver o âmbito inicial do sistema existente e identificar as atuais deficiências do ambiente do utilizador. Para reduzir a distância entre o projeto em si e o estudo de viabilidade, vale a pena alargá-lo com algumas soluções conceituais preliminares. Desta forma, o estudo de viabilidade excede a ocupação média do tempo e outros recursos de todo o projeto, mas, ao mesmo tempo, constitui um melhor ponto de partida para a decisão da administração sobre a aceitação ou cancelamento do projeto, respectivamente.

Existem muitos estudos que examinaram o conceito e avaliação de tecnologia e gerenciamento de benefícios da automação. A avaliação da tecnologia é chamada de

processo de determinação por meios quantitativos e ou qualitativos do valor do investimento em tecnologia. Para que os benefícios das tecnologias digitais sejam alcançados, as organizações precisam entender o significado de “valor”. Em seus termos mais simples, pode ser definido de forma positiva (benefícios) e impactos negativos (desvantagens), que podem ser categorizados como financeiro ou não financeiro. Identificar os benefícios e desvantagens de investir em tecnologias digitais é um desafio para as organizações devido aos efeitos indiretos e não planejados de tais ações (LOVE, 2019).

Love (2019) afirma que tem sido relatado na imprensa popular australiana que a adoção de Radiofrequência inteligente e etiquetas de identificação (RFID) no sector do gás natural liquefeito (GNL)) poderia melhorar a produtividade em 30%, porém nenhuma evidência empírica existe para apoiar tal reivindicação. Infelizmente, existe o perigo de que este pode permear a literatura e ser usado, em parte, para apoiar o business case para a adoção do RFID no setor de GNL.

Sempre que as alegações sobre os benefícios da tecnologia forem baseadas em pesquisas acadêmicas, é importante fornecer um contexto e explicitar quaisquer suposições e limitações. As reivindicações sobre o valor nominal podem parecer confiável, especialmente quando relatado como sendo inovador e bem respeitado jornais. Sugerimos que sempre que forem feitas afirmações de que a tecnologia pode melhorar a produtividade e o desempenho, estas devem ser tratados com cautela, a menos que tenham sido substantiados e sustentados por pesquisa fundamentada em ‘boa ciência’. Enquanto a tecnologia digital pode proporcionar benefícios significativos para as organizações, ela também pode resultar em desvantagens, o que pode resultar numa série de problemas inesperados por exemplo, ineficiências (LOVE, 2019).

2.2 REAÇÕES DO MERCADO COM A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

De acordo com Junior (2003) anteriormente, o mercado regia com perplexidade em relação à automação. Nos dias atuais, já é aceita com normal, devido ao amplo conhecimento e disseminação que os computadores, máquinas automatizadas e robôs são fundamentais para fornecer conforto e segurança as pessoas.

Ainda segundo Junior (2003) a automação é uma matéria polêmica, pois em algumas situações acaba gerando desemprego, pois modifica de alguma forma a estrutura de recursos humanos de uma empresa. Onde em algumas delas as oportunidades de empregos são diminuídas. Em contrapartida, a automação mantém empregos, pois sem ela algumas empresas poderiam fechar.

Dentre as atividades desempenhadas pelo homem as primeiras a serem automatizadas foram aquelas atividades perigosas, repetitivas, monótonas, e as que quando executadas inadequadamente colocava em risco a saúde ou vida de seus executantes (GAMER, 2019).

2.2.1 CÍRCULO DE CONTROLE DE QUALIDADE

Nas palavras de Fujishima (2016) as inspeções de qualidade são realizadas para detectar problemas, incluindo possíveis problemas nas fábricas antes do embarque, para evitar que ocorram problemas após as máquinas e ferramentas serem entregues às fábricas dos clientes. Nos processos de inspeção da qualidade, ações para melhoria são realizadas continuamente, contribuindo para a melhoria da qualidade das máquinas e ferramentas.

Para Reid e Sanders (2005) a abordagem da qualidade e seus fundamentos já estão bem integrado à gerência geral de muitas organizações, bem como na gestão ambiental. No primeiro caso, é feito via ISO 9000 ou pela abordagem Total Quality Management (TQM), que em sua essência é uma abordagem de gerenciamento para o sucesso a longo prazo através da satisfação do cliente.

Conforme Silva (2012) a abordagem da qualidade apresenta um método básico de gestão e o ciclo de Deming ou PDCA (planejar, executar, verificar, ação) e também como vários conjuntos de ferramentas que podem ser aplicadas para operacionalizar cada fase do ciclo e empregada dependendo da qualidade da empresa maturidade da administração e também sobre a complexidade do problema. Esses conjuntos variam de ferramentas muito simples e diretas a programas mais complexos e baseados em estatística Six Sigma.

Para Fujishima (2016) no gerenciamento da qualidade após o envio, os problemas que ocorreram nas fábricas dos clientes são gerenciados, portanto é importante resolver esses problemas e tomar medidas preventivas para evitar a recorrência dos mesmos problemas. Se

ocorrer um problema na fábrica de um cliente, o engenheiro de serviço da região emitirá o sistema de relatório de problemas do produto (PPR). O Grupo de gerenciamento da qualidade após o envio recebe o relatório e o encaminha para as divisões relacionadas com instruções sobre o que precisa ser feito. Quando ocorre um problema crítico ou o mesmo tipo de problema ocorre em várias máquinas, o Grupo de gerenciamento da qualidade após o envio instrui a alterar o design ou alterar o procedimento no processo de fabricação para evitar a recorrência do mesmo problema.

Fujishima (2016) admite que a chave para fornecer aos clientes máquinas e ferramentas que não quebram é melhorar a qualidade durante os processos de produção. Esse é o objetivo comum para a maioria das divisões de toda a planta, incluindo as de desenvolvimento e fabricação. Para esses itens serem alcançados são necessários uma fabricação enxuta, educação e treinamento em ciclo PDCA, design, revisão e verificação do projeto, avaliação do ponto de vista do cliente, inspeção, Kaizen, gerenciamento do fornecedor, Inspeção de aceitação do gerenciamento de custos e o gerenciamento de entrega.

2.2.2 PDCA

O PDCA teve seus conceitos originados no século XX, quando Frederick Taylor estudava e recomendava a metodologia planeje, execute e veja na aplicação do planejamento das etapas dos processos produtivos (ISHIKAWA, 1993).

O ciclo PDCA possui em sua metodologia a proposta de solução de problemas através da melhoria contínua, sendo que suas diretrizes são pautadas no planejamento estratégico e viabilizadas pela empresa, treinando e alinhando todos os colaboradores da empresa ao método PDCA (FALCONI, 2014).

O ciclo nunca termina e tem como principal objetivo a melhoria contínua, pois todo aprendizado é utilizado em um novo ciclo em uma nova tentativa de realizar a melhoria da melhoria, e assim por diante, sendo o último ponto sobre o ciclo PDCA o ponto mais importante (figura 2.1), onde o ciclo PDCA recomeça (FALCONI, 2014).

Figura 2.1 – Ciclo PDCA

Fonte: www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-o-ciclo-pdca

“O processo PDCA dinâmico foi utilizada devido à sua comprovada versatilidade na condução de mudanças incrementais para a melhoria contínua dos sistemas, processos e atividades operacionais em uma empresa” (OWENS, 2006).

Segundo Jin (2012) a ideia de fundir a gestão da qualidade e a formação conceitos foi influenciado por Deming. Um dos conceitos para melhorar a qualidade do produto foram denominadas como ciclo Shewhart, mas tornaram-se mais conhecidas como ciclo PDCA ou ciclo PDSA. Ciclos repetitivos do Plano, estudar e controlar os resultados foram incorporados num modelo de melhoria da qualidade, e esta abordagem tem sido empregada em empresas por anos.

Jin (2012) considera que a abordagem baseada no ciclo PDCA é especialmente útil, uma vez que esta abordagem exige a monitorização a qualidade do processo e dos resultados de cada procedimento. Assim, ajuda a tomar consciência dos erros cirúrgicos. O resultado da análise de cada ciclo PDCA ajuda encontrar a direção certa para melhorar a qualidade do seu procedimento. O ciclo PDCA não só ajuda a evitar “tentativas de desperdício”, mas também ajuda a resolver os erros ocultos.

2.2.3 TPS

Desde a década de 1950, a Toyota Motor Corporation aprimorou um método avançado de design, controle e gerenciamento de produção referido como o Sistema de Produção Toyota (TPS). O TPS também é conhecido como JIT (total, lean manufacturing) ou just-in-time (time in time) sistema de produção. Agrega valor ao (final) cliente através da utilização de recursos econômicos, eliminação de desperdício, e melhoria contínua (BROWN, 2005).

O TPS resultou em uma montagem mais rápida de automóveis, com alta confiabilidade e alta qualidade-custo, que foram alcançados mesmo com os altos salários dos trabalhadores japoneses antes da internacionalização da Toyota produção (LIKER, 2004).

Atualmente, a Toyota se destaca como o maior fabricante automotivo e a décima maior empresa de receita no mundo (FORTUNE GLOBAL 500, 2019).

2.3 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL DE BAIXO CUSTO

Aplicativos de código aberto estão ganhando popularidade principalmente no hobby entre os programadores e eletrônicos entusiastas, mas existe um grande potencial de usar código aberto e hardware em aplicações industriais também (HOXHA, 2016).

Segundo Hoxha (2016) hardware aberto ou hardware de código aberto refere-se às especificações de design de um objeto físico que são licenciadas de forma que o objeto possa ser estudado, modificado, criado e distribuído por qualquer pessoa.

De acordo com Kashyap (2018) a Internet das Coisas (IoT) oferece a capacidade de conectar um grande número de coisas ou dispositivos via internet. Estes coisas ou dispositivos têm identidades únicas. A IoT cria um ambiente inteligente conectando dispositivos com a Internet e a equipá-los com a capacidade de recolher e trocar dados. Estes dispositivos ou gadgets são normalmente ligados a microcontroladores, sensores, atuadores e conectividade com a internet. Esses aparelhos podem incluir artigos domésticos normais, tais como máquinas de lavar roupa, frigoríficos, sistemas de som, cafeteiras, despertadores etc.

O controle mais difundido de processos industriais é o uso de controladores lógicos programáveis (PLC), que são comprovadas por confiabilidade e longevidade em aplicações industriais. O uso do PLC tem a confiabilidade, mas é fornecido com um preço muito alto de hardware e a maioria dos produtores de PLC cobra pelas licenças do software usado para programação. entre o preço e a complexidade do sistema para PLC e implementação de hardware de código aberto. (HOXHA, 2016).

Aplicação baseada em microcontrolador de código aberto deve ser usada somente em aplicações simples, onde há tempo razoável para construção do sistema e somente em sistemas e máquinas onde vidas humanas não estão em perigo. Após um certo ponto de complexidade do sistema, a redução de custos justificará o tempo gasto para construir a interface de sensores E / S digital e analógica. Em nosso estudo de caso, as condições eram perfeitas para usar o Open Fonte de hardware e software, porque a máquina não pôr em perigo vidas humanas em qualquer caso de mau funcionamento, o sistema não é tão complexo e o tempo para construir o sistema são razoáveis, tendo em conta as poupanças dos mais baratos Hardware. (HOXHA et al., 2016).

Ozdogli (2018) apresentou uma plataforma de detecção sem fio de baixo custo baseada no Arduino Uno, que pode calcular a dinâmica transversal de deslocamentos de pontes ferroviárias em tempo real. A plataforma de detecção proposta pode extrair o deslocamento dinâmico da aceleração coletado com um acelerômetro de baixo custo, MMA8451Q usando um algoritmo de reconstrução de deslocamento a bordo. Os deslocamentos calculados são transmitidos para uma estação base usando um módulo de rádio ligado à plataforma de detecção.

3. METODOLOGIA

O interesse por esse estudo surgiu mediante a necessidade de prever os resultados futuros dos investimentos realizados na área da automação industrial voltados para a saúde, segurança e produtividade de máquinas e equipamentos, diante da necessidade de desenvolvimento tecnológico das empresas e do alarmante registro anual de acidentes laborais, chegando a 700 mil, dos quais pelo menos 5 mil culminam em fatalidades, cenário

esse que coloca o nosso país na 4ª posição do ranking global de “países com mais acidentes de trabalho.

Este trabalho foi produzido a partir de um estudo de caso de automação utilizando plataforma de baixo custo em parte do processo logístico de descarga de graneis sólidos dos navios no Porto de Sergipe, onde os operadores portuários ficam expostos aos riscos de acidentes devido a operação local de equipamentos que abastecem os caminhões de carga.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O trabalho será de natureza qualitativa e quantitativa, desenvolvido através de levantamento e análise de dados que foram obtidos no intervalo temporal de janeiro a dezembro de 2018, observado o ganho na implementação de um sistema de controle remoto utilizando plataforma de baixo custo no processo de abastecimento de caminhões no píer do Porto de Sergipe.

Este estudo apresenta o objetivo de caráter descritivo e teste da teoria que é viável o uso de plataforma de baixo custo como ferramenta de análise de viabilidade na automação industrial, proporcionando otimização dos investimentos financeiros ou de outros recursos da empresa, para que seja claro seus resultados futuros justificando que seu custo e sua implementação irão trazer lucro para a empresa, uma vez que os recursos financeiros são escassos e como tal muito valiosos para a organização. Desta forma, após análise do conteúdo, o trabalho será organizado num texto sucinto e elucidativo, levando a originalidade e a viabilidade da sua realização.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O referido estudo foi realizado com dados reais da operação de duas moegas móveis (Figura 3.1), ambas com capacidade volumétrica de 20 m³, localizada no píer principal do Porto, moegas estas destinadas ao carregamento de caminhões no processo de descarregamento de navios carregados com carga a granel em geral a exemplo do trigo, fertilizantes, coque, clínquer entre outros, a fim de atender as importações dos clientes de todo o Brasil, sendo seus maiores clientes as indústrias instaladas no estado de Sergipe.

Figura 3.1 – Operação de descarga de navio

Fonte: Próprio autor, 2018.

Tradicionalmente, um porto é uma instalação comercial marítima em que os navios podem atracar para carregar e descarregar cargas e passageiros. No entanto, em sociedade moderna, os portos tornaram-se plataformas de distribuição multimodal que ligam as rotas marítimas, rodoviárias, ferroviárias e aéreas (SONG, 2019).

3.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

3.3.1 PRIORIZAÇÃO DO PROBLEMA

A metodologia implementada começou com a primeira fase do P (Planejar) da ferramenta de controle de qualidade do ciclo PDCA, que identifica o problema de baixa performance dos indicadores de manutenção do Porto devido a utilização de parte da sua mão de obra nas operações de descargas dos navios desse terminal.

O Porto movimentou no ano de 2018 um volume de 745kt de produtos diversos e possui previsão de aumento de suas movimentações de cargas ao longos dos próximos anos (Figura 3.3), deixando evidente a relevância do problema da interdependência de HH das áreas de operação e manutenção, o que irá comprometer ainda mais os indicadores de qualidade de manutenção, além de colocar em risco a saúde dos ativos, visto que, as atividades de manutenções preventivas são paralisadas para dar prioridade as operações de movimentações de carga nesse Porto.

Figura 3.3 – Previsão de carga do Porto

Fonte: Próprio autor, 2018.

3.3.2 OBSERVAÇÃO DO PROBLEMA

O problema ocorre no píer principal do Porto (Figura 3.4) nas operações de descargas de navio de produtos diversos a granel, especificamente nas operações das moegas móveis para o abastecimento dos caminhões desse processo, para atender as necessidades de importações dos clientes do estado de Sergipe e do Brasil.

Figura 3.4 – Píer do Porto.

Figura: Próprio autor

Dentre os produtos (Figura 3.5) mais movimentados pelo terminal destacam-se as importações de Coque para atender as necessidades da indústria Cimenteira de Sergipe e os fertilizantes para atender as empresas produtoras de adubos do mesmo estado ao longo do ano 2018 (Figura 3.6).

Em todos os processos de descarregamentos de navios desse porto é percebido a utilização de mão de obra da equipe própria de manutenção do terminal para ajudar nesse processo, realizando operações de controle das moegas móveis, abastecendo os caminhões com destino às fábricas dos clientes, em função do baixo efetivo da equipe de operadores do setor de operação.

Figura 3.5 – Produtos movimentados pelo Porto

Fonte: Próprio autor, 2018.

No ano de 2018 foram contabilizados 152 dias de operações de movimentações de carga no Porto, 24 horas por dia, para suprir tal demanda são necessários 4 turnos de revezamentos com colaboradores do setor de operação e manutenção, além dos setores administrativos, infraestrutura e PCM. Os outros 213 dias foram dedicados a limpeza de equipamentos entre mudanças de produtos e manutenção em geral nos ativos.

Figura 3.6 – Orçamento de volume 2018

Fonte: Próprio autor, 2018.

3.3.3 ANÁLISE DO PROBLEMA

Analisando as possíveis causas do problema dos baixos resultados dos indicadores da manutenção (Tabela 3.1) de janeiro a agosto de 2018, é identificado como causa fundamental do problema a quantidade insuficiente da equipe da operação no processo de movimentações de cargas do Porto e a utilização de HH da equipe de manutenção (Figura 3.7) para suprir tal demanda. Nas operações de descarga de navios são necessários 6 colaboradores, 3 operadores de guindaste para descarregar 3 porões por hora e 3 operadores de moegas, sendo 2 deles mão de obra da manutenção execução, eletricista ou mecânico.

Por turno de trabalho a operação dispõe de 4 colaboradores para descarregar o navio, já a manutenção possui 3 colaboradores para realizar manutenções preventivas ou corretivas elétricas e mecânicas, para isso dispõe de 1 mecânico, 1 eletricista e um técnico eletroeletrônico.

Tabela 3.1 – Indicadores de manutenção 2018

indicadores de manutenção									
Indicador		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Aderência ao mapa de 52 semanas (AM_52S)	Meta %	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%
	Real %	20,5%	74,9%	92,2%	73,1%	58,5%	31,3%	68,8%	62,7%
Aderência a Programação (APR)	Meta %	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%
	Real %	53,0%	58,9%	120,6%	85,0%	78,5%	50,0%	72,0%	82,9%
Aderência a manutenção sistêmica (AMS)	Meta %	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%
	Real %	16,7%	63,1%	62,7%	71,0%	48,4%	22,2%	52,1%	49,3%
Índice de apropriação de mão de obra (IAMOT)	Meta %	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%
	Real %	9,5%	47,2%	63,0%	84,5%	99,8%	102,7%	93,2%	80,7%

Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 3.7 – Carga movimentada no Porto em 2018

Fonte: Próprio autor, 2018.

A operação da moega móvel consiste na abertura e fechamento de uma comporta em sua parte inferior, acionada por um motor elétrico com um sistema de partida direta com reversão para o devido abastecimento dos caminhões. A sinalização para o motorista avançar o veículo para evitar transbordo é realizado pelo toque breve de uma sirene,

também instalada na moega. Todo controle de abertura e fechamento da comporta e toque na sirene é feito através de um controle manual por botoeira acionado pelo operador a 5 metros de distância da moega (Figura 3.8).

Figura 3.8 – Operador da moega móvel

Fonte: Próprio autor, 2018.

Durante o processo de operação de descarga dos navios e operação das moegas móveis (Figura 3.9) os operadores das moegas ficam expostos aos riscos físicos, ergonômicos e de acidentes por atropelamento e queda de carga suspensas em função da proximidade com os equipamentos em operação de movimentação de carga, riscos estes e outros presentes no mapa de risco dessa área.

O equipamento que retira a carga do navio (Grabe) e abastece a moega móvel possui peso

líquido de 10 toneladas, podendo chegar ao peso bruto máximo de 25 toneladas, quando carregado. Até hoje só foram registrados rompimentos dos cabos de aço de elevação de carga e queda do Grabe, quando o equipamento estava no interior do navio.

Figura 3.9 – Operação da moega móvel

Fonte: Próprio autor, 2018.

Os códigos de riscos (Quadro 3.2) classificam todos os riscos identificados na área operacional do píer demonstrando que o risco é considerado grande.

Quadro 3.2 – Código de riscos

1.RISCOS QUÍMICOS	2.RISCOS FÍSICOS	3. RISCOS BIOLÓGICOS	4.RISCOS ERGONÔMICOS	5.RISCOS DE ACIDENTES
1.1 – Gases	2.1 – Ruído	3.1 – Vírus	4.1 – Esforço físico intenso	5.4 – Eletricidade
1.2 – Vapores	2.6 – Frio	3.2 – Bactérias	4.3 – Exigência de postura inadequada	5.5 – Sinalização

Plataforma De Baixo Custo Utilizada Como Ferramenta Para Análise De Viabilidade Na Automação Industrial

1.5 - Névoas	2.7 - Calor	3.3 - Protozoários	4.5 - Imposição de ritmos excessivos	5.7 - Transporte de materiais
1.7 - Substâncias, compostos ou produtos químicos em geral	2.9 - Outros	3.4 - Fungos	4.6 - Trabalho em turno e noturno	5.11 - Outros, pensamento de membros superiores entre mesas, cadeiras, janelas e portas
1.8 - Outros (Óleo e graxa)		3.7 - Parasitas	4.8 - Monotonia e repetitividade	5.1 - Gases
		3.8 - Outros	4.10 - Outros	5.1 - Gases

Fonte: Próprio autor, 2018

Durante o período analisado, das 17.280 horas da mão de obra da equipe de manutenção disponíveis para os serviços de manutenção preventiva, 3.230 horas são utilizadas nas movimentações de carga, evidenciando um desvio de mão de obra de 18,7%.

3.3.4 PLANO DE AÇÃO

As Soluções encontradas para causa fundamental priorizada no processo foram a contratação de 8 operadores (custo R\$ 400.000/ ano) para suprir necessidade identificada ou implementação de um projeto de automação de controle remoto das moegas móveis do Porto (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 – Plano de ação

Plataforma De Baixo Custo Utilizada Como Ferramenta Para Análise De Viabilidade Na Automação Industrial

MEDIDA	O QUE	POR QUE	COMO	ONDE	QUEM
Instalar sistema de controle remoto das moegas com visualização de carga com circuitos de câmeras	Realizar verificação em campo estudando o processo de descarga de material dos navios	Para compreender o sistema e suas particularidades	Utilizando prancheta e coletando fatos e dados	90GD01	Colaborador A
	Definir escopo do projeto de automação	Para identificar quais fronteiras de impacto do projeto	Utilizando prancheta e coletando fatos e dados	90GMG03	Colaborador B
	Desenvolver algoritmo para sistema de automação com plataforma de baixo custo	Para melhorar a operacionalidade do controle remoto	Através da plataforma Open source	Escritório ADM e Píer.	Colaborador C
	Solicitar materiais necessários para construção do trabalho	Para montagem da estrutura do dispositivo	Encaminhando ao responsável da solicitação de compra	Sala da Manutenção	Colaborador D
	Construir o projeto de controle remoto das moegas móveis	Verificar viabilidade de um projeto de automação robusto	Analisando estrutura do equipamento e local de trabalho adequado	Escritório PCM	Colaborador A
	Realizar instalação dos equipamentos	Instalação do dispositivo	Disponibilizando 04 dias de serviço elétrico	90MG03	Colaborador B
	Realizar teste de verificação de eficácia do sistema de automação das moegas	Para verificar a eficácia do projeto	Comparando a tabela de indicadores operacionais e de manutenção	Escritório ADM e Píer.	Colaborador C

Fonte: Próprio autor, 2018.

3.3.5 AÇÃO

Para análise de custo/ benefício das soluções encontradas foi desenvolvido um sistema de automação das moegas móveis através de plataforma de baixo custo como ferramenta para análise de viabilidade do processo de automação do ativo.

O projeto foi desenvolvido e testado em protoboard(Figura 3.10) utilizando uma placa NodeMCU ESP-8266, que irá realizar a comunicação através do Wi-Fi entre a operação da comporta de escoamento de material da moega e a sala de operação e controle desta, para dar velocidade às operações de controle de saída dos relés de acionamento da comporta e

evitar os delays do loop do algoritmo, foi implementado 4 circuitos com CI555, possibilitando a abertura e fechamento da comporta a qualquer tempo que o comando for dado.

Figura 3.10 – Implementação e teste de controle remoto através de Wi-Fi

Fonte: Próprio autor, 2018.

Após os testes em bancada foi realizado o diagrama elétrico do projeto para confecção de circuito impresso em placa de fenolite, corrosão com solução de percloroeto de ferro e acomodação dos componentes do circuito de controle remoto proposto (Figura 3.11).

Figura 3.11 – Diagrama do projeto de controle remoto

Fonte: próprio autor, 2018.

A saídas dos relés do circuito de controle remoto (Figura 3.1) irão alimentar, paralelamente ao controle manual das botoeiras, os contatos dos comandos do circuito de força da moega móvel, permitindo que tanto o sistema de operação manual quanto o de controle remoto possam realizar a operação do sistema, ficando sempre um circuito standby em caso de falha ou outras necessidades.

Figura 3.12 – Placa de controle remoto

Fonte: próprio autor, 2018.

O Circuito de controle remoto com foi acomodado em caixa elétrica em PVC para preservar sua estrutura das ações do tempo e maresias.

Para possibilitar a operação à distância e visualização do processo de abastecimento dos caminhões, foram instalados na estrutura das moegas móveis (Figura 3.14) o painel de controle remoto e uma câmera IP posicionada adequadamente, ambos os equipamentos se comunicando com a sala de operação através de um roteador Wi-Fi (Figura 3.13).

Figura 3.13 - Operação através de controle remoto

Fonte: próprio autor, 2018.

Figura 3.14 - Moega móvel

Fonte: próprio autor, 2018.

Através do endereço IP da placa Wi-Fi do Nodemcu do controle remoto e algoritmo escrito em HTML no IDE do Arduino e carregado nesse sistema é possível gerar uma página Web com os controles das moegas móveis e acionar todas as saídas necessárias para operação do processo a partir de um computador conectado a essa mesma rede Wi-Fi, bem como acessar

as imagens da câmera instalada nessa estrutura através dos seus respectivos endereços IPs.

O circuito de controle remoto é composto por: 2 Arduino uno, 1 roteador WiFi, 2 placas ESP-8266, 2 câmeras IP, 3 painéis PVC, 2 placas de fenolite, 10 CIs 555, 2 CIs SN74LS14N, 2 módulos relés 4 canis – Arduino, 2 módulos relés 1 canal – Arduino, 2 fontes entrada 100 – 240VCA / 5VCC – 2ª, 2 placas de fenolite 150 x 150 mm, 16 resistores de 10K, 8 capacitores de 47uF, 8 capacitores de 0,01 uF, 4 potenciômetros de 100K.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de setembro de 2018 foram implantados o protótipo do sistema de automação de controle remoto e ajustadas a operação de descargas de navios de 3 porções para 2 porções por turno de operação, de acordo com o TPS operação enxuta, o porto produzia mais do que o cliente podia receber em sua fábrica por hora, ou seja, para operar a descarga de 3 porções eram necessários 6 HH, 3 operadores de guindaste de bordo e 3 operadores de moegas, com a operação enxuta e o sistema de automação implantado são necessários 2 operadores de guindaste e 1 operador de moega, visto que com o sistema de automação das moegas 1 operador opera 2 moegas simultaneamente, eliminando a necessidade de mão de obra da manutenção, ficando livre para realizar suas atividades afins. Após as melhorias realizadas no processo de descarga do porto é possível verificar uma melhoria expressiva nos indicadores da manutenção a partir do mês de setembro (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Melhoria dos indicadores de manutenção do Porto – 2018

		Indicadores de manutenção											
Indicador		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Aderência ao mapa de 52 semanas (AM_52S)	Meta %	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%
	Real %	20,5%	74,9%	92,2%	73,1%	58,5%	31,3%	68,8%	62,7%	95,4%	92,5%	79,5%	78,7%
Aderência a Programação (APR)	Meta %	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%
	Real %	53,0%	58,9%	120,6%	85,0%	78,5%	50,0%	72,0%	82,9%	95,9%	97,8%	96,5%	88,2%
Aderência a manutenção sistêmica (AMS)	Meta %	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%	85,0%
	Real %	16,7%	63,1%	62,7%	71,0%	48,4%	22,2%	52,1%	49,3%	88,5%	89,4%	58,2%	67,2%
Índice de apropriação de mão de obra (IAMOT)	Meta %	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%
	Real %	9,5%	47,2%	63,0%	84,5%	99,8%	102,7%	93,2%	80,7%	100,2%	92,6%	89,2%	86,2%

Fonte: Próprio autor

Com o sistema proposto e instalado (Figura 4.1) é possível realizar operações simultâneas de 2 moegas móveis através de um computador a partir de uma sala climatizada e longe dos riscos ambientais do sistema de operação local do equipamento. As imagens das câmeras e painel de controle podem ser ajustadas na tela de forma independente e de preferência do operador.

Figura 4.1 – Operação de 2 moegas através do sistema de controle remoto.

Fonte: próprio autor, 2018.

Observando o gráfico de volume de carga movimentado pelo porto nos meses de setembro a dezembro, versos HH da manutenção (Figura 4.2), é possível verificar a eliminação da necessidade do apoio da manutenção nas operações de descarga, visto que o sistema de automação implantado garante a eliminação dessa perda por possibilitar operações simultâneas das moegas e preencher essas lacunas nesses intervalos. A partir desse momento a equipe de manutenção está totalmente disponível para realizar manutenções preventivas programadas e inspeções em todos os ativos da empresa contribuindo e melhorando a confiabilidade dos seus equipamentos.

Figura 4.2 – Carga movimentada pelo Porto – 2018

Fonte: Próprio autor, 2018.

O Porto estava perdendo seus indicadores de cumprimento do mapa de 52 semanas, o qual se refere ao seu calendário anual de manutenções preventivas, definidas pela gestão da manutenção a partir das necessidades e criticidades dos equipamentos, porém a partir da implantação do projeto é percebido que a equipe de manutenção consegue cumprir de forma significativa suas metas mensais (Figura 4.3) e assim melhorar a qualidade e confiabilidade dos ativos da empresa.

Figura 4.3 – Mapa de 52 semanas

Fonte: Próprio autor, 2018.

O indicador de aderência a programação é o retrato da prática correta dos envolvidos no processo de manutenção e define a eficácia da programação. A independência do processo de manutenção é percebida após a implementação do projeto (Figura 4.4).

Figura 4.4 - Aderência a programação

Fonte: Próprio autor, 2018.

A aderência a manutenção sistêmica (Figura 4.5) é a capacidade do sistema de gestão da manutenção parar o equipamento em seu período adequado para realizar manutenção onde são realizados os ajustes, medições e troca de peças. A atividade segue um programa preestabelecido a partir de experiência operativa, recomendações do fabricante ou referências externas. Após melhoria implementada é percebida uma aproximação expressiva com a meta.

Figura 4.5 - Aderência a manutenção sistêmica

Fonte: Próprio autor, 2018.

O índice de apropriação de mão de obra da manutenção (IAMOT) (Figura 4.6) representa o quanto da mão de obra da manutenção está disponível para a programação de Ordens de serviços mensal, porém apesar de ter demonstrado disponibilidade crescente desde o início do ano, os desvios sempre aconteciam no início das operações de descarga dos navios, para o porto atender seus indicadores operacionais e de produtividade. Porém esse indicador tornou-se assertivo após a implementação das melhorias no processo. Esse indicador também é comprometido em função de períodos de férias e participação de treinamento.

Figura 4.6 – Índice de apropriação de mão de obra da manutenção

Fonte: Próprio autor, 2018.

4.1 GANHOS INTANGÍVEIS

Após a implementação do novo processo produtivo de descarga de navios foi verificado a eliminação da exposição dos operadores aos riscos de acidentes, físicos e ergonômicos da atividade de operação das moegas (Figura 4.7), como também a eliminação da exposição aos riscos de acidentes por atropelamento e queda de cargas suspensas. Outro ponto observado foi a satisfação dos operadores em trabalhar em um ambiente mais confortável e seguro. Os impactos operacionais (Figura 4.8), como a constante perda de visibilidade do abastecimento dos caminhões em função do tráfego intenso de veículos no píer também foi eliminado, devido a visualização do processo através de câmera instalada em local adequado.

Figura 4.7 – Risco de tombamento de equipamento

Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 4.8 – Impacto operacional

Fonte: Próprio autor, 2018.

4.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO

Analizando a necessidade de mão de obra operacional para suprir a demanda de operação das moegas foi verificado a necessidade de contratação de 8 operadores portuários, o que leva ao custo fixo anual de mão de obra de R\$ 400.000,00.

Em contrapartida foi realizado 3 cotações de preços com empresas de engenharia para automação das operações das moegas móveis, as quais analisaram a especificações técnicas e memorial descritivo do equipamento e apresentaram suas cotações contemplando em seus orçamentos, mão de obra, equipamentos, materiais (fornecimento e fabricação), outros, BDI e Tributos:

- Empresa A: R\$ 374.805,76;
- Empresa B: R\$1.109.306,48;
- Empresa C: R\$ 424.358,26.

Para o desenvolvimento do projeto como plataforma de baixo custo foram necessários o investimento de R\$ 2.458,80, financiados pelo setor de manutenção do Porto. Consolidando todos esses valores (Tabela 4.2) e fazendo uma análise de investimento a médio prazo é possível perceber a viabilidade da implementação do projeto de automação tendo em vista que em 2 anos a empresa recupera o investimento da automação comparado a contratação de mão de obra, sem contar o aumento do custo dessa mão de obra ao longo dos anos, exposição aos riscos de acidentes, passivos trabalhistas etc.

Tabela 4.2 – Análise de custo e viabilidade de projeto

Custo com demanda de operação		
Método	Investimento	%
Open Source	R\$2.458,80	0%
Automação A	R\$374.805,76	16%
Automação B	R\$1.109.306,48	48%
Automação C	R\$424.358,26	19%
Operadores	R\$400.000,00	17%

Fonte: Próprio autor, 2018.

5. CONCLUSÃO

Sabe-se que a aplicação baseada em microcontroladores de código aberto deve ser usada apenas em aplicações simples, onde há tempo razoável para construir o sistema e onde as vidas humanas não estão em perigo. Após um certo ponto de complexidade do sistema, a redução de custos não justificará o tempo gasto para construir a interface de sensores e E/S digital e analógica. Em nosso estudo de caso as condições foram perfeitas para usar o open source de Hardware e Software porque a máquina não expõe os colaboradores em perigo em qualquer caso de mau funcionamento, o sistema não é tão complexo e o tempo para construir o sistema é razoável, tendo em conta as economias do Hardware mais barato.

O Brasil, como país em desenvolvimento, há muitas fábricas que têm máquinas antigas que podem ser atualizadas com aplicações open source, que contribuirão para melhorar a qualidade de seus produtos, atender aos padrões internacionais e aumentar sua capacidade produtiva. Existe também um grande potencial de formação de jovens técnicos para construir aplicações open source que contribuirão para o desenvolvimento profissional e impacto positivo no emprego, visto que os estudos sobre essas tecnologias estão cada vez mais cedo empregadas nas escolas.

Vale ressaltar que o desenvolvimento e aplicação do sistema de controle remoto através das plataformas de baixo custo, ajudou o Porto a identificar um problema de alto impacto em seu processo produtivo e gestão dos seus ativos, bem como mostrou a viabilidade de modernizar seu meio de produção, que sejam ao mesmo tempo eficientes e economicamente viáveis.

Portanto, com base no estudo realizado, pode-se afirmar que as plataformas de baixo custo pode ser utilizada como ferramenta de análise de viabilidade na automação industrial, salientando os impactos anteriores e os ganhos econômicos, operacionais e de saúde e segurança em uma dada cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

BOYD, Jonathan A.; MAIK, Huettinger. Smithian insights on automation and the future of work. Elseiver. Futures, Lituânia, v. 111, p. 104-115, agosto 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016328718303094>>. Acesso em: 18 de setembro de 2019.

BROWN, Macharia. Toyota Production System & Supply Chain, Zaragonza, p. 0-71, junho 2005. Disponível em: <https://ctl.mit.edu/sites/default/files/Mac_TPS_thesis.pdf>. Acesso em: 24 de setembro de 2019.

CARLASSARA, D. Visualização de Imagens Capturadas em um Circuito Fechado de Televisão (CFTV) no Iphone. 2009. Disponível em: <http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/TCC2009-2-05_VFDiogoCarlassara.pdf>. Acesso em: 2 de setembro de 2019.

ECKHART, Matthias; MEIXENR, Kristof A; WINKLER, A. Dietmar; EKELHART, Andreas A. Securing the testing process for industrial automation software. Elseiver. Computers & Security, Vienna, v. 85, p. 156-180, agosto 2019. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167404818314482>>. Acesso em: 5 de setembro de 2019.

FALCONI, V. TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês). 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, p. 256, 2014.

FORTUNE GLOBAL 500. Disponível em: < <https://fortune.com/global500/2019/>>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

FUJISHIMA, Macoto; MORI, Masahiko; NISHIMURA, Kimiyuki; OHNO, Katsuhiko. Study on quality improvement of machine. Elseiver. Procedia CIRP, Nagoya, v. 56, p. 156-159, setembro 2016. Disponível em: < <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.09.029>>. Acesso em: 4 de setembro de 2019.

GAMER, Thomas; HOERNICKE, Mario; KLOEPPER, Benjamin; BAUER, Reinhard; ISAKSSON, J. The autonomous industrial plant – Future of Process Engineering, Operations and Maintenance. Elseiver. IFAC- PapersOnLine, Ladenburg, v. 52, p.454-460, junho 2019. Disponível em: < <https://sci-hub.tw/http,s://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.06.104>>. Acesso em: 2 de setembro de 2019.

HOXHA, Valmir; BULA, Ines, SHALA, Muzafer; HAJRIZI, Edmond. Cost-Oriented Open Source Automation Potential Application in Industrial Control Applications. Elseiver. IFAC- PapersOnLine, Kosovo, v. 49, p. 212-214, novembro 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316325435>>. Acesso em: 5 de setembro de 2019.

ISHIKAWA, K. Controle da qualidade total: a maneira japonesa. Rio de Janeiro: Ed. Campus. 1993. Disponível em: < <https://fortune.com/global500/search/>>. Acessado em: 5 de setembro de 2019.

JIN, Hao M.D.; HUANG, Hai, M.D.; DONG, Wei; MED, M.; SUN, Jian; LIU, Anding; DENG, Meihong; DIRSCH,Olaf; DAHMEN ,Uta M.D. Preliminary Experience of a PDCA-Cycle and

Quality Management Based Training Curriculum for Rat Liver Transplantation. Elseiver. Journal of Surgical Research, Alemanha, v.176, p. 409-422, outubro 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022480411008389>>. Acessado em: 14 de setembro de 2019.

JUNIOR, Antônio Pereira de Araújo; RAPHAELA, Christiano Vasconcelos das Chagas; GALHARDO, Fernandes. Uma rápida análise sobre automação industrial. Natal: DCA-CT-UFRN, 2003.

Kashyap, Monika; Sharma, Vidushi; Gupta, Neeti. Taking mqtt and nodemcu to iot: communication in internet of things. Elseiver. Procedia computer Science, India, v. 132, p. 1611-1618, maio 2018. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.126>>. Acessado em: 10 de setembro de 2019.

LIKER, J.K. The Toyota Way, McGraw-Hill, New York, NY, p. 1-159. 2004

LIKER, J.K; HOSEUS, M. Toyota Culture, The Heart and Soul of the Toyota Way. New York: McGraw-Hill. 2008

LOVE, Peter E.D.; JANE, Matthews. The 'how' of benefits management for digital technology: From engineering to asset management. Elseiver. Automation in Construction, Austrália, v. 107, p. 2-14, novembro 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580519304297>>. Acessado em: 2 setembro de 2019.

Mehta, B.R.; Reddy, J. Industrial process automation systems design and implementation, Oxford: Elseiver, p. 1-36, novembro 2017.

PAIM, Rafael. Gestão de Processos: pensar, agir, aprender. Porto Alegre: Bookman, p. 26, 2009.

REID, R. Dan; SANDERS Nada R. Operations Management An Integrated Approach. 4 ed. Wileyplus. Estados Unidos, 2005.

RIHAR, Marjan. Respecting technical and non-technical aspects in feasibility studies of industrial process automation. Elseiver. IFAC Proceedings Volumes, Slovenia, v. 30, p. 137-140, setembro 1997. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017422427>>. Acessado em: 18 de setembro de 2019.

Sharma, k. L. S. Introduces the basics of philosophy, technology, terminology, and practices of modern automation systems through the presentation of updated examples, illustrations, case studies. Elseiver. Overview of industrial process automation, India, 2. ed, p. 237-261, outubro 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/book/9780128053546/overview-of-industrial-process-automation>>. Acessado em: 18 de setembro de 2019.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes; DELAI, Ivete; CASTRO, Marco Aurélio Soares; OMETTO, Aldo Roberto. Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. Elseiver. Journal of Cleaner Production, São Paulo, v. 47, p. 174-187, maio 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612005586>>. Acessado em: 2 de setembro de 2019.

SILVA, Elisio Carvalho. Accidents and the technology. Elseiver. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Salvador, v. 49, p. 315 -325, setembro 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095042301730493X>>. Acessado em: 26 de setembro de 2019.

SONG, Y.; WANG, N. On probability distributions of the operational law of container liner ships. J. R. Statist. Soc, China, p. 1073-1080, março 2019. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1111/rssa.12442>>. Acessado em: 2 de setembro de 2019.

SUN, Bei; JOUNELA, Sirkka-Liisa; TODOROV, Yancho. Perspective for equipment automation in process industries. Elseiver. IFAC-PapersOnLine, China, v. 50, p. 65-70, dezembro 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317335474>>. Acessado em: 17 de setembro de 2019.

^[1] Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial, Graduação em Engenharia Elétrica, Técnico em Eletrônica e Técnico em Eletrotécnica.

Enviado: Fevereiro, 2021.

Aprovado: Maio, 2021.