



DESENVOLVIMENTO DE *HARDWARE* PARA CONTROLE DE ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZANDO FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA 4.0

HARDWARE DEVELOPMENT FOR CONTROL OF STORAGE OF CHEMICAL PRODUCTS USING QUALITY TOOLS IN INDUSTRY 4.0

EDUARDO PASCHOALON DE AZEVEDO

Graduando em Engenharia Química pela Faculdade
Municipal Professor Franco Montoro, Mogi Guaçu,
São Paulo.

E-mail: eduazeravedo@hotmail.com

CARLOS CAETANO DE ALMEIDA

Doutor em Engenharia Mecatrônica pela
UNICAMP/FEM, Mestre em Engenharia Mecânica
pela UNICAMP/FEM, MBA em Engenharia e
Inovação pela UAITEC/MG, Especialista em
Projetos Mecânicos por Computador pela
UNICAMP/CTC, Especialista em Gestão de
Qualidade e Produtividade pela UNICAMP/CTC,
Especialista em Automação Industrial pela
UNICAMP/CTC, Especialista de Gestão em
Administração Pública pela Universidade Federal
Fluminense/UFF, Especialista de Gestão em Saúde
Pública pela Universidade Federal Fluminense/UFF,
Engenheiro de Controle e Automação (Mecatrônica)
pela UNICAMP/FEM, Graduando em Sistemas de
Computação pela Universidade Federal
Fluminense/UFF

E-mail: ccaetanoa@gmail.com

WILSON PRATES DE OLIVEIRA

Possui graduação em Ciências de Computação
pelo Instituto de Ciências Matemáticas e
Computação da Universidade de São Paulo -
ICMC-USP (2006), mestrado em Engenharia de
Controle e Automação - pela Escola Politécnica da
Universidade de São
Paulo - Poli-USP (2011). Atualmente é Professor
Efetivo do Instituto Federal do Norte de Minas
Gerais – IFNMG. Realiza pesquisas nas áreas de
Sistemas Embarcados,
Sistemas de Controle e Sistemas de Tempo Real -
Hard Real-time.

E-mail: wprateso@gmail.com

SUZANA MARIA CAETANO FERREIRA CUNHA

Graduanda em Engenharia Química pela
UNICAMP/FEQ

E-mail: suzanamariacaetano@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho de pesquisa foram levantadas informações sobre a indústria 4.0, ferramentas de qualidade e desenvolvimento de *hardware* para o controle de armazenamento de produtos químicos. Em um primeiro momento tem-se o embasamento histórico das revoluções industriais, seguido de conceitos sobre a indústria 4.0 e suas tecnologias, bem como os conceitos das ferramentas de melhoria contínua. Posteriormente é possível observar os ganhos que as ferramentas de qualidade trazem na indústria e também conceitos básicos sobre álgebra Booleana, portas lógicas e o mapa de Karnaugh no desenvolvimento do *hardware* proposto. Foi realizada a discussão sobre a implementação das ferramentas de qualidade e do dispositivo eletrônico desenvolvido em uma indústria que comercializa produtos químicos. Esta indústria teve um processo de melhoria por meio da utilização de ferramentas de qualidade com uso de PDCA e diagrama de Ishikawa e um *hardware* que auxilia na estocagem e logística de produtos químicos, mostrando o seu funcionamento básico. Por fim, é possível concluir que o uso e a implementação de ferramentas de qualidade com o auxílio de um *hardware* se mostrou eficaz e efetivo, tendo um efeito positivo na melhoria da segurança, na estocagem e logística dos produtos químicos da empresa.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Ferramentas de qualidade; *Hardware*

ABSTRACT

In this research work, information was collected about industry 4.0, quality tools and hardware development for the control of chemical storage. At first, there is the historical basis of industrial revolutions, followed by concepts about industry 4.0 and its technologies, as well as the concepts of continuous improvement tools. Later, it is possible to observe the gains that quality tools bring in the industry and also basic concepts about Boolean algebra, logic gates and Karnaugh's map in the development of the proposed hardware. There is a discussion about the implementation of quality tools and the electronic device developed in an industry that sells chemical products. This industry has undergone an improvement process through the use of quality tools using PDCA and Ishikawa diagram and hardware that assists in the storage and logistics of chemical products, showing its basic functioning. Finally, it is possible to conclude that the use and implementation of quality tools with the aid of hardware proved to be efficient and effective, having a positive effect in improving safety, in the storage and logistics of the company's chemicals.

Keywords: : Industry 4.0; Quality tools; *Hardware*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Visão Histórica

Com o surgimento de novas tecnologias, torna-se cada vez mais necessária a implantação de melhorias em processos já existentes, com o passar dos séculos, muitas dessas tecnologias inovadoras acabaram por revolucionar o mundo, culminando no que chamamos de grandes revoluções industriais.

A primeira revolução industrial foi por volta de 1760 na Inglaterra e é caracterizada pela utilização de máquinas a vapor e força hidráulica, o que na época representava grande avanço tecnológico e científico. Segundo Datheïn (2003) houve a substituição da energia humana e animal pela energia inanimada dos maquinários.

A segunda revolução industrial ocorreu na segunda metade do século XIX também na Inglaterra caracterizada pela utilização de petróleo, eletricidade e aço. Uma das diferenças da primeira para a segunda revolução industrial foi o crescente desenvolvimento de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que assumiram papel fundamental nos ramos da química e eletricidade, surgiu também à produção de bens padronizados para o consumo, a administração científica do trabalho, além de sistemas automatizados de produção (HOBBSAWM, 1968).

A terceira revolução industrial começou após a Segunda Guerra Mundial e surgiu da necessidade de se produzir mais devido ao aumento da demanda global de produtos, ela é caracterizada por avanços na robótica, informática, telecomunicações, genética e eletrônica, tudo isso para colaborar com o aprimoramento de máquinas já existentes, a criação de instrumentos mais precisos e implantação de robôs nos processos produtivos, o que

acarretou na mudança do modo de produção.

De acordo com Farah Junior (2000), avanços tecnológicos como o aumento da capacidade de processamentos, armazenamento, distribuição e transmissão são características das inovações da terceira revolução industrial, que levaram o conhecimento a ser uma mercadoria valiosa, melhorando assim o processo produtivo, bem como a gestão empresarial, a medida que reduz custos e aumenta a competitividade.

1.2 Definição do Tema

O tema deste trabalho de pesquisa foi uma junção de pequenos assuntos pertinentes à atualidade, como:

- A indústria 4.0 devido a seu caráter extremamente contemporâneo e ser um tema com olhar futurístico e interessante já que a sua disseminação esta cada vez maior.
- As ferramentas de qualidade, pois são essenciais a qualquer tipo de melhoria em uma empresa ou processo e fazem com que esta melhoria seja muito mais rápida e fácil.
- E um sistema de *hardware* que fara a melhoria proposta no trabalho, para uma execução do serviço muito mais eficiente, seguro e fácil, mostrando que pode se fazer a junção dos três temas citados com perfeita harmonia.

O trabalho mostrara os conceitos que regem os três temas, explicando um pouco de cada e após isso será aplicado os conceitos dos temas em um estudo de caso referente a um problema real enfrentado por muitas empresas do mesmo ramo.

1.3 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho de pesquisa será informar o leitor sobre os três temas tratados de forma mais didática possível, mostrando aos leitores um pouco mais sobre a indústria 4.0 que é um tema que muitos não conhecem.

Mostrar também as ferramentas de qualidade que hoje em dia tem se propagado e ganhado mais adeptos que reconhecem seu potencial de ajuda.

Mostrar a utilização de uma *hardware* na junção com a ferramenta de qualidade para fazer um conjunto de melhorias maior que o normal.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Tecnologias Utilizadas na Quarta Revolução Industrial

Como visto cada revolução tem como característica principal adicionar novos conceitos e tecnologias aos métodos existentes, seja por inovação incremental ou por inovação radical. A quarta revolução industrial está acontecendo neste momento e a indústria tradicional vinda da terceira revolução industrial passa por uma transformação que consolidou em 2013 e se chama indústria 4.0.

A indústria 4.0 tem foco em soluções tecnológicas como inteligência artificial, *big data*, internet das coisas e *machine learning*, sendo conhecida também de quarta revolução industrial, tendo origem na Alemanha com o objetivo primário de aperfeiçoar processos industriais para se maximizar os lucros, sendo possível a integração de máquinas fazendo com que operem de forma autônoma, aprendendo com os próprios erros e acertos, o que dá maior autonomia ao processo industrial.

Mostrar ao leitor que os três temas se relacionam de forma atual e com objetivo de se conquistar um procedimento de melhoria em uma indústria de armazenagem e logística de químicos que se apresente de maneira fácil de se replicar, liberando para os leitores o conhecimento básico para isso acontecer.

1.4 Objetivo Específico

Mostrar o desenvolvimento de um procedimento de melhoria contínua em uma empresa que comercializa produtos químicos com a ajuda de um *hardware*, introduzindo o tema indústria 4.0 em relação a utilização deste *hardware* e sua capacidade de melhoria significativa na segurança da empresa.

A nova revolução industrial é composta por soluções tecnológicas que compreendem uma nova estrutura, como por exemplo, a internet das coisas ou IoT que é uma nova tecnologia que consiste em um equipamento que tem capacidade própria de processamento e comunicação via internet, o que traz a estes produtos com IoT uma interação muito grande.

Tecnologia de *big data* possibilita melhor análise e tratamento de grande quantidade de dados para se obter informações de relevância para a tomada de decisões. Já o *machine learning* é o nome dado à tecnologia que faz com que a máquina aprenda automaticamente, possibilitando que tome decisão de forma independente, tomando como base experiências anteriores, utilizando em muitos casos redes neurais convolucionais na aprendizagem (ALMEIDA, 2019)

2.2 Melhoria Contínua

Os processos em geral tendem a ser sempre melhorados, por razões que variam como o aparecimento de novas tecnologias que aprimoram o processo,

possibilitando aumento do lucro, minimizando os gastos e maximizando a qualidade, além de diminuir o tempo de *feedback*.

As ferramentas de melhoria contínua são fundamentais para que se possa entender e melhorar um processo seja qualitativa ou quantitativa, contribuindo com grandes avanços na qualidade.

Segundo Caffyn e Bessant (1996) quando um processo tem foco em inovação incremental e contínua, é denominado melhoria contínua, o que se busca com as ferramentas de melhoria contínua é uma qualidade no processo, para que sempre esteja melhor do que a anterior.

Para Fonseca (2006), um dos melhores e mais bem conhecidos procedimentos para se usar o TQM (gestão de qualidade total) é o PDCA, sendo adotado por inúmeras empresas gerando consideráveis efeitos positivos.

As 7 ferramentas do TQM, são: diagrama de ishikawa, diagrama de pareto, histograma, carta de controle, fluxograma de processos, diagrama de dispersão e folha de verificação. É importante salientar que a ferramenta não faz o serviço sozinha, sua função é auxiliar o gestor a escolher a melhor decisão.

2.3 A Indústria 4.0

A quarta revolução industrial tem possibilitado um avanço tecnológico no processo produtivo, através de tecnologias que melhoram a qualidade e o tempo de produção. De acordo com Bahrin et al., (2016), a indústria 4.0 é um termo criado para designar a estratégia do governo alemão para aumentar a competitividade industrial, fazendo com que os equipamentos auto-otimize, autoconfigure e até mesmo utilize inteligência artificial para melhoria da qualidade e dos custos.

Para Khan e Turowski (2016) a produção no ambiente 4.0 precisa de mudanças para se adaptar aos níveis de processo, flexibilizando o fornecimento de produtos mais personalizados e com redução dos custos.

Produtos e serviços são potencializados pela inclusão tecnológica, a utilização de novos materiais e novos sensores para monitoramento, dessa forma agregam valores ao produto e isto é percebido pelo cliente (COELHO, 2016; SANTOS et al, 2018). Além disso, Coelho (2016) relatou que a indústria 4.0 está focada em melhorar continuamente a produção para uma melhor eficiência, segurança, produtividade e principalmente do retorno do investimento.

Para Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) as fábricas inteligentes possibilitam processos inteligentes e menos propensos a paradas. A indústria brasileira está entre a segunda e a terceira revolução industrial, utilizando linhas de montagens e automação, sendo a indústria automotiva, a mais adaptada à indústria 4.0 estando em constante atualização para suprir o mercado (FIRJAN, 2016).

Segundo Pereira (2016), a indústria 4.0 é a revolução da manufatura que está em estudo durante seu acontecimento tendo como base sistemas ciberfísicos e a internet das coisas entre outras tecnologias. Sendo capaz de integrar o físico ao virtual com base em dados captados que são usados na tomada de decisões que são compartilhadas pela internet com outras máquinas.

De acordo com Borlido (2017) a vantagem dada pela indústria 4.0 é a de que cada departamento envolvido na empresa tem acesso a dados atualizados em tempo real a produção, as manutenções, as peças rejeitadas e o porquê, quem está inspecionando, data de produção e em qual equipamento. Todas

estas informações chegam até o operador através de *tablet* ou *smarthphone* dando muito mais vantagem à operação.

Os setores a utilizar IoT segundo Gartner (2015) são a manufatureira e de *utilities*. A realidade enfrentada é a implantação de medidores inteligentes que em maneira ampla resultam na melhora de eficiência de energia e operações industriais, como exemplo, mecanismos de faturamento autônomo, gestão de produção e monitoramento.

A indústria 4.0 causa uma ampla transformação tecnológica que afeta toda a sociedade e como se vive, como se compra, como se produz, como se consome e como se transporta. Portanto, é preciso ter uma visão compreensiva da transformação que a digitalização traz não sendo somente o meio industrial, mas também a cultura, o social e o econômico (AZEVEDO, 2017).

Sacomano et al (2009) afirmam que o profissional não será mais responsável apenas a uma etapa produtiva, mas sim a todo o processo. A relação da cadeia produtiva com a indústria 4.0 tem gerado produtos com um maior valor agregado utilizando a Internet das Coisas, e com essa relação, informações como estilo de vida e consumo das pessoas estariam disponíveis para que as empresas customizem produtos com bases nessas informações (HERMANN et al, 2015).

Essa característica poderá fazer com que apareçam nichos de mercado com modelos de negócios inteligentes (ACCENTURE, 2015). Este tipo de negócio poderá dificultar a entrada de novos concorrentes no mercado pelas restrições tecnológicas existentes obrigando empresas a se fundirem ou criarem acordos para continuar funcionando e na outra ponta da cadeia o relacionamento com fornecedores também será aprimorado (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

No quesito empresas de um mesmo grupo, a comunicação entre elas irá trazer uma integração horizontal, formando ecossistemas que são mais eficientes por alinharem informações e decisões (TROPICIA; SILVA; DIAS, 2017).

Como aponta Oliveira e Simões (2017) a produção acadêmica no campo da indústria 4.0 no Brasil é muito escassa e os alunos de engenharias deveriam ter curiosidade de aprender seus conceitos desde cedo, pois essa revolução traz tecnologias que vão ser o futuro da indústria no mundo, por isso, alunos de engenharia possuindo maior conhecimento sobre o assunto, poderão dominar os seus conceitos e serão capazes de desenvolver tecnologias nacionais para a indústria 4.0.

Para Oesterreich e Teuteberg (2016) a indústria 4.0 tem a tendência de implantar a digitalização e automação no ambiente da manufatura. Os conceitos desta nova revolução ditam a conexão de máquinas, sistemas e ativos, conferindo um ambiente controlado e autônomo (SILVEIRA, 2018).

Para Zawadzki e Zywicki (2006) esta nova forma de indústria é uma combinação de tecnologias recentes com a visão de futuro ligando sistemas autônomos e inteligentes com a produção, fundindo o mundo real e virtual.

O surgimento da indústria 4.0 está em um cenário que há grandes evoluções e traz consigo a base da indústria do futuro, tendo um alto impacto que pode ser notado na sociedade mudando a mesma para sempre. Com relação ao Brasil, tem-se consciência de que ele está inserido na globalização, e embora em processo já tardio tem mostrado força para crescer e evoluir neste meio (SAKURAI e ZUCHI, 2018).

2.4 Ferramentas de Qualidade na Indústria

Segundo Dikesch e Mozzato (2004) imposições feitas ao mercado por novas diretrizes de gerenciamento e pela competitividade comercial fazem novas metas e organizações serem criadas para a melhoria da qualidade do processo e também do produto.

O processo é uma junção de fatores como matéria prima, métodos, equipamentos, condições ambientais, ser humano e informações com o intuito de produzir um produto ou fornecer um serviço (WERKEMA, 1995).

I. Diagrama de Ishikawa: Campos (1992) afirma que o controle do processo é o principal fator para o gerenciamento em toda a empresa, bem como a compreensão de causa e efeito, quando algo ocorre sempre existe uma série de causas que ocorreram antes do efeito final e que podem influenciar o resultado gerado. Para a separação de causa e efeito que pode muito bem ser confundida, foi criado pelos japoneses o diagrama de causa e efeito (diagrama de Ishikawa).

II. Ciclo PDCA: A ferramenta PDCA é utilizada dentro das organizações para se atingir metas estabelecidas gerenciando de forma assertiva a produção, tendo como base para decisões as informações recebidas da produção (MARIANI, 2005).

III. Gerenciamento total da qualidade: O TQM ou gerenciamento total da qualidade tem um método de análise que tem como base a junção de técnicas e ferramentas que dão base para a tomada de decisão com base em fatos e em melhorar

continuamente processos e seus resultados (MATA-LIMA, 2007). O PDCA se destaca, porém todas as ferramentas de qualidade são de suma importância para a gestão de qualidade (FORNARI JUNIOR, 2010).

IV. Diagrama de Pareto: É uma técnica gráfica para análise de causas que se baseia na teoria de Vilfredo Pareto que dizia que os principais efeitos são gerados por um numero pequeno de causas. No diagrama há uma linha horizontal onde os pontos a serem analisados são colocados e associados a uma escala de valores em uma linha vertical (DE OLIVEIRA, ALLORA, SAKAMOTO, 2005).

V. Histograma: O histograma é um instrumento estatístico que mostra a frequência de ocorrências em um determinado período. Eles descrevem a frequência com que variam os processos e a forma com que assume sua distribuição (DE OLIVEIRA, ALLORA, SAKAMOTO, 2005).

VI. Diagrama de dispersão: No diagrama de dispersão é utilizado um sistema cartesiano para a evidenciação de causa e efeito (DE OLIVEIRA, ALLORA, SAKAMOTO, 2005).

VII. Fluxograma de processos: Há uma estruturação do fluxo de processo para retratar o fluxo de operação que fazem parte do processo, com isso se tem uma visão global do processo de fabricação de um objeto (DE OLIVEIRA, ALLORA, SAKAMOTO, 2005).

VIII. Folha de verificação: este tipo de ferramenta é feita sob a demanda e

necessidade do usuário e servem para fazer a verificação dos defeitos de uma operação (DE OLIVEIRA, ALLORA, SAKAMOTO, 2005).

IX. Carta de controle: a carta de controle é uma forma gráfica de analisarmos estatisticamente como a variação de um processo esta ocorrendo com limites inferior e superior que são ajustados a meu processo e uma linha central. Desta forma vemos os dados e podemos adotar uma análise da evolução histórica e prever a tendência futura (DE OLIVEIRA, ALLORA, SAKAMOTO, 2005).

2.5 Funções Lógicas

A álgebra booleana é o conceito base para a programação de circuitos lógicos digitais, baseia-se na ideia de três tipos de operação pelas suas portas lógicas que são basicamente: *AND*, *OR* e *NOT*. Estes comandos fazem um cálculo baseado em números binários (0 e 1) que dão somente uma resposta lógica ao operador (VIDAL; SANTOS; NOGUEIRA, 2016).

A porta “*AND*” que significa “e” que para a saída de informação ser igual a um, todas as entradas precisam também ser iguais a um. A porta “*OR*” por sua vez para a saída ser igual a um, pelo menos uma entrada precisa ser igual a um, por fim a porta “*NOT*” inverte o sinal de entrada, ou seja, se a entrada for um a saída será zero e se a entrada for zero a saída será um.

As informações binárias zeros e uns que são chamadas de proposições, são dispostas em uma tabela de informação para a alimentação das portas lógicas, estas tabelas são chamadas de tabelas verdade e nelas se encontram as informações lógicas binárias para o cálculo de um resultado possível (CASTRO, 2011).

Depois de dispostas às informações na tabela verdade elas podem ser reduzidas em equações mínimas na forma de somas de produtos pelo mapa de Karnaugh. Isso tem a finalidade de reduzir o tamanho dos circuitos lógicos (SENA, 2008). A Figura 1 abaixo mostra a representação das portas lógicas *AND*, *OR* e *NOT*.

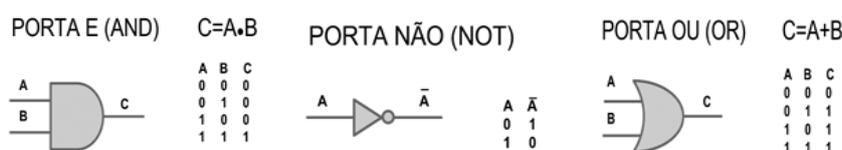


Figura1: Portas Lógicas. Fonte: Lima (2015).

2.6 Segurança de Produtos Químicos

Um produto químico é formado por um arranjo de moléculas que juntas compõem tudo o que esta ao nosso redor. E assim como sabemos alguns destes compostos são bem perigosos ao ser humano e ao ambiente. Estes produtos podem ser prejudiciais sozinhos ou quando

misturados, podendo ocasionar explosões, incêndios e queimaduras. Saber como manuseá-los armazena-los e caracterizá-los é essencial para a segurança de todos que tem contado com ele.

É importantíssimo ter o conhecimento e cuidado para o trabalho com produtos químicos, pois se não tomadas as devidas

precauções, eles podem causar lesões e sequelas severas assim transformando a vida de quem sofre muito pior.

Para isso medidas de segurança básica são necessárias como:

- Organizar a área de estocagem ou trabalho: organizando o layout e seguindo normas como as NR13 que diz respeito ao risco de aprisionamento, NR10 (instalações elétricas), NR23 (desobstrução de acessos, identificação de saídas, etc), NR26 (sinalização de segurança).

- Seguir a ficha de informação de segurança de produtos químicos NBR14725.

- Campanhas educativas como o CIPA, diálogos de segurança, sinalização do local e treinamentos.

Armazenamento deve ser feito seguindo critérios como separar seguindo a

incompatibilidade química, separar ácidos e bases em diferentes armários, sólidos separados dos líquidos, voláteis em armários com ventilação positiva e a prova de explosão e reagentes incompatíveis com água longe de tubulações.

Para evitar acidentes o uso de EPI's e EPC's também é importante, como exemplo de EPI's podem citar óculos de proteção, jaleco, mascaras e luvas. E como exemplo de EPC's podemos citar as capelas de exaustão, sistemas anti-incendio e chuveiros e pias de emergência.

O rotulo do produto devem conter as informações a cerca do produto com a sua composição, numero de emergência, procedimentos de emergência e ferramentas gráficas como pictogramas, cores e símbolos para sinalizar os perigos daqueles produto. Uma forma fácil de analisar o produto é pelo diamante de hommel visto na Figura 2 abaixo:



Figura 2: Diamante de Hommel. Fonte: Goulart (2016).

A incompatibilidade química trás um estudo de como manipular, armazenar e transportar meu produto químico de forma segura. De forma resumida temos que levar em consideração que devemos separar os produtos químicos que reagem entre si criando acidentes graves. Abaixo na Figura

3 temos um pequeno exemplo de substancias que não podem ser misturadas.

SUBSTÂNCIA	INCOMPATÍVEL COM
ACETILENO	Cloro, bromo, flúor, cobre, prata, mercúrio.
ACETONA	Bromo, cloro, ácido nítrico, ácido sulfúrico, peróxido de hidrogênio.
ACETONITRILA	Ácido sulfúrico, oxidantes fortes (percloratos/nitratos), redutores (Na e Mg metálicos)
ÁCIDO ACÉTICO	Etileno glicol, compostos hidroxilados, óxido de cromo IV, ácido nítrico, ácido perclórico, ácido acético, peróxidos, permanganatos, anilina, líquidos e gases combustíveis.
ÁCIDO CIANÍDRICO	Álcalis, ácido nítrico.
ÁCIDO CLORÍDRICO	Aminas, óxidos metálicos, anidrido acético, acetato de vinila, sulfato de mercúrio, fosfato de cálcio, formaldeído, carbonatos, bases fortes, ácido sulfúrico.
ÁCIDO CRÔMICO	Ácido acético, anidrido acético, álcoois, glicerina, naftaleno, ácido nítrico, éter de petróleo, hidrazina.
ÁCIDO FLUORÍDRICO	Amônia (anidra ou aquosa).
ÁCIDO FOSFÓRICO	Bases fortes, cloratos, nitratos, carbeto de cálcio.

Figura 3: Tabela Incompatibilidade Química. Fonte: Silva ET AL (2019).

3. Material e métodos

3.1 Coleta do Material

Segundo Lima e Mito (2007) a metodologia pode ser considerada como um tipo de discurso em que será apresentado o método escolhido para a pesquisa. Há diferentes modos de discurso para se fazer entender a realidade presente nas bibliografias, como também há outras posições metodológicas que irão explicar a evolução e crescimento dos objetos de estudo, postura e dinâmica que permeiam a pesquisa em si, dando mais visibilidade a escolha e demonstração do pesquisador no seu trabalho.

A coleta de dados para a confecção deste presente trabalho apresentou-se através de pesquisas bibliográficas conferindo assim caráter exploratório. Para a escolha dos dados o peso científico, veracidade dos dados e facilidade de entendimento, sendo que para isso foram utilizados a base de acervos da Unicamp e o Google acadêmico por apresentar artigos de cunho científico.

3.1.2 Métodos

A metodologia utilizada aqui parte da ideia da utilização de ferramentas básicas, mas muito importantes para a qualidade. Apresentando um problema muito recorrente nas empresas que é o armazenamento e logística de produtos químicos, que na maioria das vezes representa grande risco a saúde das pessoas que os manuseiam.

O grau de risco que um produto químico apresenta ao colaborador é um assunto que com o passar dos anos se tornou foco de melhorias, pois se teve a noção de que esses produtos quando transportados ou armazenados de forma errada, misturando, ou sem os cuidados básicos necessários para a conservação e contato, tornavam-se extremamente prejudiciais a saúde causando vários tipos de doenças e acidentes como explosão, reações e incêndios que na maioria dos casos são fatais e quando não são, podem causar sequelas severas para o resto da vida.

Para o estudo, irá ser feito o uso do PDCA e do diagrama de causa e efeito, também chamado de diagrama de Ishikawa.

O PDCA é uma ferramenta em que cada letra deriva de uma etapa de análise ou atuação. O “P” deriva de “*plan*” que em tradução significa planejar. Nesta etapa é feito um planejamento analisando o problema e caracterizando os passos e medidas a serem tomadas para sua resolução.

O “D” significa “*do*” que em tradução quer dizer executar, é considerada a etapa mais importante, pois é feito tudo aquilo que foi planejado.

Já o “C” vem da palavra “*check*”, traduzindo fica verificar. Nesta etapa é checado o que se concretizou de modo falho ou não na execução, dando base para a próxima etapa.

Na última etapa temos o “A” que vem de “*act*” ou em português agir, atuar, esta etapa requer maior atenção, pois é nela que será decidido como agir com base nos resultados da etapa anterior, quando o resultado desejado não for alcançado é feito todo o processo desde o início, mas quando é alcançado o resultado esperado, o sistema é implantado para ser reproduzido sempre no processo. Abaixo a Figura 4 representa a ordem do ciclo PDCA.

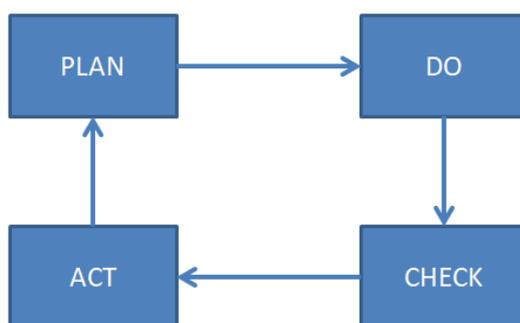


Figura 4: Ciclo PDCA. Fonte: Elaborada pelo Autor

Já o diagrama de Ishikawa que pode também ser chamado de espinha de peixe devido sua semelhança com tal, funciona colocando os principais focos do problema em alguns pontos que seguem por linhas até a ponta onde se encontra o problema a

ser localizado. Com esta ferramenta é possível localizar o foco do problema muito mais rápido e eficaz. A Figura 5 mostra a exemplificação de um diagrama de Ishikawa.

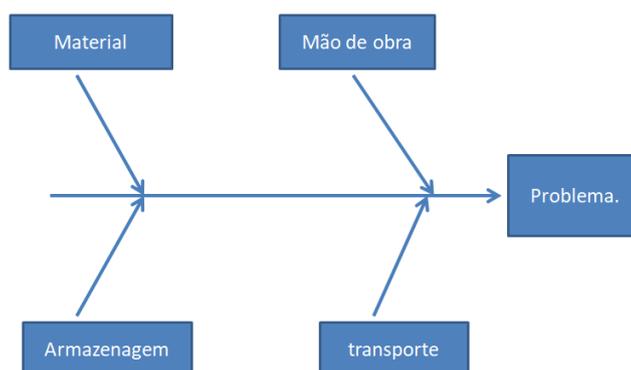


Figura 5: Diagrama de Ishikawa. Fonte: Elaborada pelo Autor

3.2 Estudo de Caso

Para o estudo de caso foi utilizado a seguinte situação: Uma empresa de comércio de produtos químicos vem tendo problemas para estocagem e transporte de produtos com alto risco de reação caso misturados ou armazenados próximo um do outro, empresa esta que já passou por um sinistro que fez com que destruísse parte dela. Dada empresa não faz a mistura de reagentes químicos, comprando eles prontos para a venda e somente fazendo seu estoque e entrega.

Analisando esta situação foi feito um estudo de melhoria para tomar cuidados em que tal situação não ocorra novamente. O estudo tem o objetivo de melhorar parâmetros e criar ferramentas para o cuidado e logística dos produtos armazenados.

Utilizando as ferramentas descritas acima que são o PDCA e diagrama de Ishikawa para fazer a análise e resolução dos problemas citados. Também foi projetado um *hardware* para a identificação

de produtos químicos e devido cuidado no armazenamento dos produtos.

3.2.1 Aplicação das ferramentas

Aplicou-se o diagrama de Ishikawa, desta forma, deve-se ter o conhecimento de todos os fatores que relacionam problemas com o armazenamento dos produtos químicos.

Segundo Motter e Dalorsoleta (2015) o transporte e armazenamento incorreto de produtos químicos acarreta grande risco ao meio ambiente e a saúde humana.

O vazamento de produtos no meio em que se encontra causa grande risco e perda humana e ambiental, seja este vazamento ocasionado por falha humana ou material (SETESB, 2003).

Para se obter uma boa gestão dos riscos e químicos é preciso o bom discernimento do dimensionamento do risco dos químicos utilizados, para isso ocorrer é preciso atualizar fontes e informações disponíveis para o melhor conhecimento dos produtos químicos (BUSCHINELLI, 2011). Os principais focos de risco químico estão no diagrama da Figura 6 abaixo.

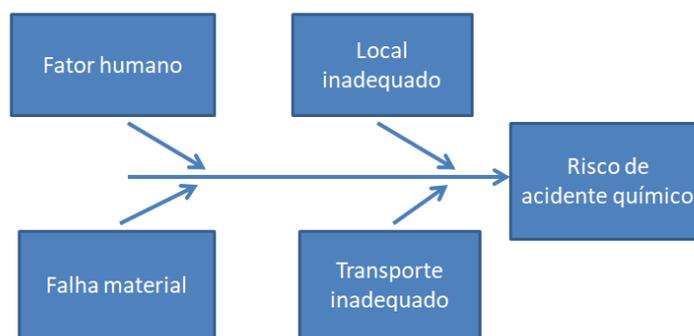


Figura 6: Diagrama Fatores de Risco. Fonte: Elaborada pelo Autor

No fator humano, trata-se como riscos a falta de conhecimento no manejo de produtos químicos, não os separando devidamente para se evitar acidentes e também a não utilização de EPI's. Falha material diz respeito a alguma falha que os engradados apresentam ou falha na rotulagem, vindo o produto a ter um rótulo errado ou danificado.

Já o local inadequado representa o local físico não devidamente preparado para o armazenamento destes produtos assim gerando algum acidente, por último o transporte inadequado reflete a falta de cuidado com o manejo descuidado e sem preparo dos produtos químicos.

Para a resolução dos problemas foi utilizado o PDCA elaborando fatores

para a melhoria do armazenamento e logística no comércio de produtos químicos.

Fase de Planejamento: Analisar as normas que regem o armazenamento dos produtos a serem implantadas no local de armazenamento. Assim como também analisar as normas de transporte destes

produtos para então implantar de forma a melhorar a segurança.

Quando um produto chegar com defeito na embalagem, com vazamento ou defeito na rotulagem e identificação, deverá ser apresentado o ocorrido ao responsável técnico da empresa ou ao fornecedor para que as devidas medidas sejam feitas.

No erro correspondente ao fator humano será preciso efetuar treinamentos aos funcionários para a melhor identificação e discernimento dos produtos trabalhados e como proceder o seu manuseio, também será de grande importância o entendimento do uso de EPI's.

Porém, como é de conhecimento geral que o fator humano é o mais propício a erros, será também realizado a implantação de um sistema de *hardware* que foi desenvolvido para identificar produtos químicos, indicação de onde é armazenado e como este produto poderá ser transportado, isso de forma automática.

Na fase de implantação, depois de analisadas as normas técnicas de segurança, caso necessário serão feitas

reformas no local como pavimento novo, sistema anti-incêndio e elétrica seguindo os padrões de segurança, sinalização adequada, como pintura dos pavimentos, placas sinalizadoras de emergência e de cuidados. Será feita a instalação do sistema automático de identificação de químico, indicação de armazenagem e transporte de químicos.

Na fase de checagem foi feito o acompanhamento dos resultados da implantação e se todos os requisitos de segurança estão sendo seguidos, junto a isso também se verificará como o sistema autônomo está atuando.

Na fase de atuação há dependência à fase de checagem, que mostrará como se comporta a implantação de todos os recursos e melhorias para assim avaliar se a implantação terá que voltar a fase inicial para aperfeiçoamento ou então se o sistema de melhoria será implantado definitivamente na empresa.

3.3 Hardware desenvolvido

O *hardware* desenvolvido e empregado no gerenciamento de armazenagem e logística terá seu funcionamento baseado em imagens dos produtos químicos detectando a imagem do

engradado e fazendo a leitura do rótulo com devido código de barras e também mapa da área de armazenagem mostrando os locais onde tem ou não produtos armazenados e quais são, usando a mesma metodologia para o transporte.

Assim o sistema autônomo detecta o químico e mostra onde é o melhor lugar para se guardar e transportar.

O sistema também terá acesso à internet para atualização de sua base de dados com informações sobre os químicos, normas de segurança e contato com fornecedores e clientes para uma comunicação de possíveis compra e venda de produtos, assim informando e tendo a integração do fornecedor, cliente e estoque (IoT ou internet das coisas).

Um dos principais princípios de organização de produtos químicos que as normas abordam e o *hardware* seguirá, é a de armazenar os produtos segundo sua incompatibilidade química, seguindo esta regra a chance de acontecer um acidente no transporte e armazenagem de produtos reduz drasticamente. A Figura 7 mostra como é o armazenagem por incompatibilidade e por ordem alfabética.



Figura 7: Armazenamento por Incompatibilidade Química

Fonte: Molinari (2016)

Para o desenvolvimento do hardware que será utilizado na indústria química, mais precisamente no controle da logística dos produtos químicos armazenados nos depósitos, evitando assim acidentes ocorridos pela reação indesejada dessas substâncias, foram utilizados os circuitos integrados TTL 7408 e TTL 7432 que correspondem às portas lógicas AND e OR, respectivamente.

Têm-se quatro produtos químicos representados pelas letras A, B, C e D que devem ser colocados em dois depósitos (X,Y). As substâncias B e D reagem quando ficam próximas sem a presença da substância A, já as

substâncias B, C e D reagem quando colocadas juntas.

Considerando A, B, C e D, os quatro produtos químicos que serão armazenados nos depósitos X e Y, Sx o depósito X e Sy o depósito Y, tem-se abaixo a tabela verdade de todos os produtos químicos (Quadro 1), depósitos e o resultado representado na Saída.

O número 0 na tabela verdade representa ausência, desligado ou não passagem de corrente no circuito eletrônico, o número 1 representa presença, ligado ou a passagem de corrente no circuito eletrônico.

A	B	C	D	Sx	Sy	Saída S
0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	1	1

Quadro 1: TABELA VERDADE DOS PRODUTOS QUÍMICOS. Fonte: Elaborado pelo Autor

Considerando a Saída da tabela verdade é possível obter a expressão matemática do circuito eletrônico que é:

$$S = A'B'C'D' + A'BC'D + A'BCD + AB'C'D' + AB'CD' + ABCD$$

Para diminuir os custos de produção há necessidade de simplificação da equação do circuito eletrônico utilizando os conceitos de Álgebra Booleana, dessa forma tem-se a simplificação do circuito abaixo:

$$S = A'B'C'D' + A'BC'D + A'BCD + AB'C'D' + AB'CD' + ABCD$$

$$S = B'C'D'(A'+A) + BCD(A'+A) + A'BC'D + AB'CD'$$

$$S = B'C'D' + BCD + A'BC'D + AB'CD'$$

$$S = B'D'(C'+AC) + BD(C+A'C')$$

$$S = \text{Utilizando a propriedade } A + A'B = A+B$$

$$S = B'D'(C'+A) + BD(C+A')$$

$$S = B'D'C' + B'D'A + BDC + BDA'$$

Utilizando a ferramenta de *design* e simulação de circuitos lógicos digitais Logisim®, é possível fazer a validação da expressão lógica calculada acima pela

Álgebra de Boole, utilizando o Mapa de Karnaugh, obtendo-se, a simplificação do circuito lógico, conforme mostram as Figuras 8 e 9.



Figura 8: Expressão Lógica do Circuito utilizando o Mapa de Karnaugh. Fonte: Elaborada pelo Autor

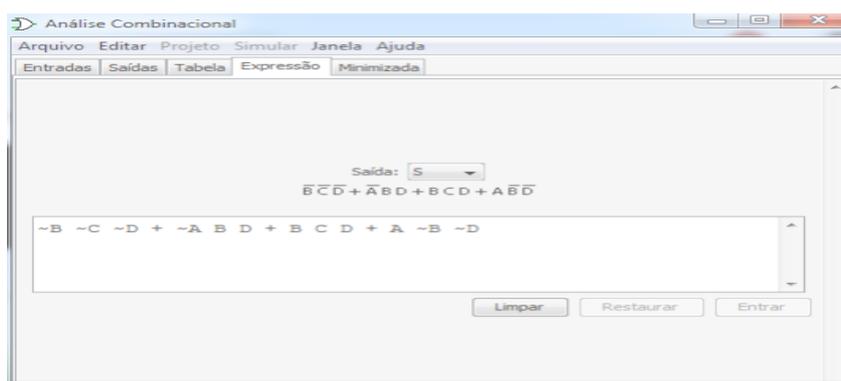


Figura 9: Expressão Lógica Simplificada do Circuito. Fonte: Elaborada pelo Autor

Com o resultado da saída simplificada do circuito lógico, é possível desenvolver o

hardware, utilizando as portas lógicas AND e OR, conforme mostram as Figuras 10, 11 e 12.

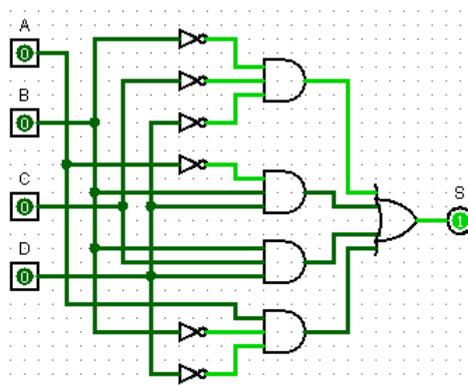


Figura 10: Hardware desenvolvido. Fonte: Elaborada pelo Autor



Data Scientist
Lockheed Martin · Grand Prairie, TX
Anunciada há 5 dias · 246 visualizações

Candidatar-se Salvar

Figura 11: Alarme S não é ativado com os produtos A, B e C armazenados juntos no depósito. Fonte:
Elaborado pelo Autor

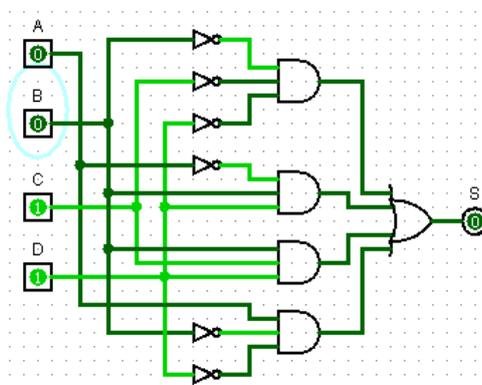


Figura 12: Alarme S não é ativado com os produtos C e D armazenados juntos no depósito. Fonte:
Elaborado pelo Autor

Ao armazenar os produtos B, C e D juntos (Figura 13), bem como armazenar os produtos A e C juntos (Figura 14) e também

armazenar os produtos A, B, C e D no mesmo depósito (Figura 15), observa-se o acionamento do alarme, representado pela saída S.

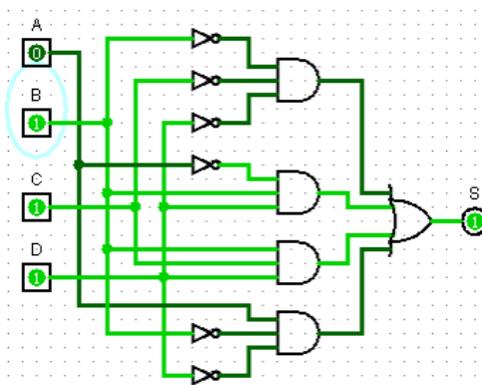


Figura 13: Alarme S é ativado com os produtos B, C e D armazenados juntos no depósito
Fonte: Elaborado pelo Autor

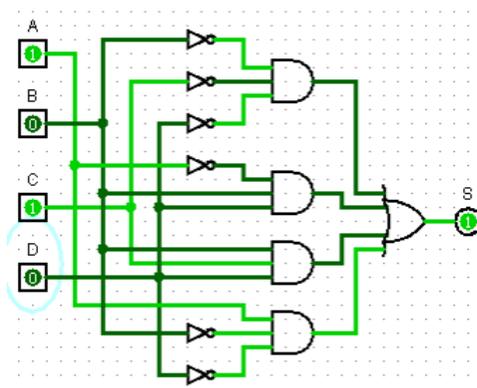


Figura 14: Alarme S é ativado com os produtos A e C armazenados juntos no depósito. Fonte: Elaborado pelo Autor

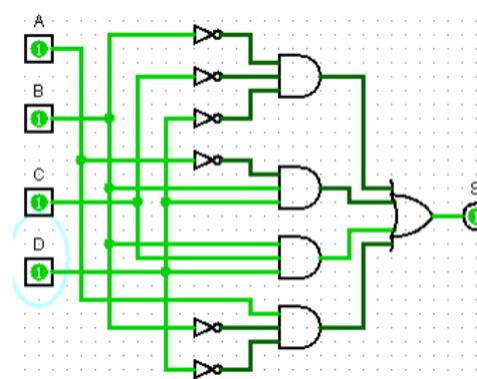


Figura 15: Alarme S é ativado com os produtos A, B, C e D armazenados juntos no depósito. Fonte: Elaborado pelo Autor

4. Resultados e Discussão

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com a utilização da metodologia proposta em uma empresa de produtos químicos, conforme descritos abaixo.

Utilizando o diagrama de Ishikawa, consegue-se ter uma facilidade na compreensão de um problema que, nesse estudo, se refletiu em localizar os focos que propiciam um acidente químico, considerando todos os fatores de risco. Com a facilidade na compreensão, se tem atrelada a rapidez para localização e atuação em problemas, que é extremamente vantajoso quando o problema se mostra perigoso à vida dos colaboradores ou à economia da empresa.

Já na utilização do PDCA, obteve-se, como resultado, a facilidade na criação de um método para a resolução do problema com o armazenamento e a logística de produtos químicos. Sendo assim, este método se mostrou extremamente útil, fácil e prático no que diz respeito ao entendimento e à implantação de sua metodologia.

O PDCA mostrou resultados na padronização do procedimento de melhoria, facilitando sua reprodução e replicação dos procedimentos de melhoria na empresa, fazendo com que se chegasse ao resultado esperado em muito menos tempo e com inteligência. Todo o ciclo PDCA pode ser elaborado conforme a necessidade específica, moldado a cada projeto, e só dependendo, para isso, do seu elaborador.

As duas ferramentas, em conjunto, se mostraram eficientes na resolução do problema na empresa de produtos químicos, aumentando a qualidade, a segurança e o lucro, e diminuindo os riscos à saúde humana e à natureza.

Como resultado do hardware desenvolvido, obteve-se maior facilidade no gerenciamento e na logística. Assim como visto, houve a implantação de uma ferramenta que se enquadra nos conceitos de indústria 4.0 e na diminuição de problemas que geram riscos de acidentes.

5. Conclusões

O resultado da aplicação de ferramentas de qualidade em uma empresa de produtos químicos se mostrou efetiva, pois foi possível criar um ambiente seguro para o trabalho com produtos que geram alto risco à vida dos colaboradores e ao ambiente.

A utilização do diagrama de Ishikawa, como abordado nos resultados, teve um papel importante como ferramenta facilitadora para detectar problemas, auxiliando os seus usuários a chegar muito mais rápido no foco do problema.

Já a ferramenta PDCA facilitou a implantação de métodos de melhoria de qualidade. Comparando a metodologia desta ferramenta a um trabalho realizada sem ela, com certeza demoraria mais na segunda situação, e talvez não obtivesse um resultado satisfatório.

Analisando o foco do trabalho que primeiramente era trazer conhecimentos sobre ferramentas de melhoria contínua e a indústria 4.0 e, em segundo plano, a aplicação destas ferramentas em uma empresa, conclui-se que os métodos propiciados pelas ferramentas de qualidade, em conjunto com as tecnologias da indústria 4.0, são extremamente eficazes

na melhoria da qualidade, segurança e lucro de uma empresa.

Vê-se, também, que o desenvolvimento de um hardware para o gerenciamento de produtos químicos se torna vantajoso na questão qualitativa da empresa.

A contribuição deste trabalho na formação profissional e nos ramos de estudo da engenharia química ensina que os temas tratados são muito pertinentes ao cenário atual de desenvolvimento industrial não só no Brasil, mas também no mundo mostrando o quanto um sistema e desenvolvimento de melhoria em uma empresa pode ser fácil de se fazer, e mostrando que o uso de um hardware é uma questão não distante da realidade, porém muitos não o utilizam pois não conhecem o seu funcionamento.

A utilização deste hardware mostra também a aproximação de uma indústria comum regida por conceitos industriais ultrapassados, de que é possível entrar na indústria 4.0 de forma simples e descomplicada.

Os temas tratados podem ser replicados em outros ramos industriais, pois todos os ramos podem entrar na indústria 4.0 pela inserção de um hardware com a ajuda de ferramentas de qualidade, claro que cada indústria fazendo suas individuais adequações.

As dificuldades para a confecção deste trabalho ficaram referentes a achar um conteúdo de pesquisa com teor mais didático, pois a maioria dos trabalhos e artigos são muito complicados de se entender.

Já para trabalhos futuros poderá ser feito o aprimoramento do hardware com as ferramentas de qualidade fazendo a implementação do hardware com redes neurais convolucionais o que melhoraria o

funcionamento na identificação dos produtos químicos e daria uma autonomia melhor ao hardware feito.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Carlos Caetano de et al. **Identificação e classificação de imagens usando rede neural convolucional e "machine learning": implementação em sistema embarcado.** 2019.

ALMEIDA, CARLOS CAETANO DE; et al. OBTENDO COMPETITIVIDADE COM A LOGÍSTICA REVERSA NA GESTÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS. **RACRE-Revista de Administração**, v. 14, n. 18, 2014.

ALMEIDA, CARLOS CAETANO DE; et al. Planejamento Estratégico de TI. **RACRE-Revista de Administração**, v. 15, n. 19, 2015.

AZEVEDO, Marcelo Teixeira de. **Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil.** . Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.

BAHRIN, Mohd Aiman Kamarul et al. Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. **Jurnal Teknologi**, v. 78, n. 6-13, 2016.

BORLIDO, David José Araújo. **Indústria 4.0: Aplicação a Sistemas de Manutenção.** 2017.

BUSCHINELLI, José Tarcísio e Kato, Mina. **Manual para interpretação de informações sobre substâncias químicas.** São Paulo: FUNDACENTRO, 2011.

CAFFYN, S.; BESSANT, Jane. A capability-based model for continuous improvement. In: **Proceedings of 3th International Conference of the EUROMA.** London. 1996.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: controle da qualidade total. **Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni**, v. 11, 1992.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Emergências Químicas.** São Paulo, 2003.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à indústria 4.0.** Dissertação de Mestrado. 2016.

DA FONSECA, Augusto VM; MIYAKE, Dario Ikuo. Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade. **XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 1-9, 2006.

DATHEIN, Ricardo. Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. **DECON Textos Didáticos**, v. 2, 2003.

DE CASTRO, Gilles Gonçalves. **Tabelas-verdade.** 2011

DE OLIVEIRA, Fernanda Thaís; SIMÕES, Wagner Lourenzi. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. **Simpósio de Engenharia de Produção, Brasil**, 2017.

DE OLIVEIRA, Simone Espíndola; ALLORA, Valerio; SAKAMOTO, Frederico TC. Utilização conjunta do método UP'– Unidade de Produção (UEP') com o Diagrama de Pareto para identificar as oportunidades de melhoria dos processos de fabricação-um estudo na agroindústria de abate de frango. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC.** 2005.

FARAH JÚNIOR, Moisés Francisco. A terceira revolução industrial e o novo paradigma produtivo: algumas considerações sobre o desenvolvimento industrial brasileiro nos anos 90. **Revista da FAE**, v. 3, n. 2, 2000.

FIRJAN, Publicações; DA INOVAÇÃO, Panorama. Indústria 4.0. **Publicações FIRJAN: Cadernos SENAI de Inovação**, 2016.

FORNARI JUNIOR, C. C. M. . Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde. **INGEPRO–Inovação, gestão e produção**, v. 2, n. 09, 2010.

GOULART, Leandro jekimim. Como Identificar Rótulos e Embalagens Para Produtos Perigosos. **Prontec**. 2016. Disponível em: <https://www.promtec.com.br/como-identificar-produtos-perigosos/>. Acesso: 04/12/2020

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)**. IEEE. p. 3928-3937. 2016.

HOBBSAWM, Eric J. (1968). **Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo**. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1983.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. **Final report of the Industrie**, v. 4, n. 0, 2013.

KHAN, Ateeq; TUROWSKI, Klaus. A survey of current challenges in manufacturing industry and preparation for industry 4.0. In: **Proceedings of the First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry”(IITI’16)**. Springer, Cham. p. 15-26. 2016.

LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célia Tamaso. Procedimentos metodológicos na construção do

conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, v. 10, n. SPE, p. 37-45, 2007.

LIMA, Tiago. **Cis de portas logicas**. Embarcados. 2015. disponível em: <https://www.embarcados.com.br/cis-de-portas-logicas/>. Acesso em: 04/10/2020.

MARIANI, Celso Antonio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **RAI-Revista de Administração e Inovação**, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

MATA-LIMA, Herlander. Aplicação de ferramentas da gestão da qualidade e ambiente na resolução de problemas. **Apontamentos da Disciplina de Sustentabilidade e Impactos Ambientais. Universidade da Madeira (Portugal)**, 2007.

MOLINARI, Micaela da Silva; **Boas Práticas em Laboratório Adriano e Danilo Segurança Química: Boas Práticas em Laboratório**. 2016

MOTTER, Leandro; DALORSOLETA, Andréia Regina Kohls. GERENCIAMENTO DE PRODUTOS QUIMICOS PERIGOSOS EM UMA UNIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO OESTE CATARINENSE. **Revista Tecnológica**, v. 2, n. 1, p. 271-287, 2015.

MOZZATO, Anelise Rebelato; DIKESCH, Luiz Eduardo; **SOBRE TRABALHO, Grupo Interdisciplinar de Estudos. Gestão da produção: Um estudo das indústrias do vestuário no Rio Grande do Sul**. 2004.

OESTERREICH, Thuy Duong; TEUTEBERG, Frank. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in industry**, v. 83, p. 121-139, 2016.

PEREIRA, Adriano; DE OLIVEIRA SIMONETTO, Eugênio. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

PETTEY, C. The Internet of Things Is a Revolution Waiting to Happen. **Available via Gartner, Inc., April**, 2015.

PORTER, M., Heppelmann, J. **A gestão da internet das coisas**. Harvard Business Review. 2014.

SACOMANO, José Benedito et al. **Indústria 4.0**. Editora Blucher, 2018.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

SANTOS, Beatrice Paiva et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SENA, Adriano; TORRES, Martha. EasyKarnaugh 3.0 Uma ferramenta computacional para o auxílio no ensino de Mapas de Karnaugh em Lógica Digital. In: **WEIXVII Workshop sobre Educação em Computação**. 2008.

SILVA; ET AL. **GUIA DE INCOMPATIBILIDADE DE PRODUTOS QUÍMICOS**. Universidade federal de juiz de fora instituto de ciências biológicas comissão icb-sustentável. 2019

SILVEIRA, C. B. **O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems. 2018.

STRATEGY, ACCENTURE. **The growth game-changer: how the industrial internet of things can drive progress and prosperity**. 2015.

TROPIA, CÉLIO EDUARDO ZACHARIAS; SILVA, Pedro Paulo; DIAS, Ana Valéria Carneiro. Indústria 4.0: Uma caracterização

do sistema de produção. In: **XVII Congresso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica. ALTEC**. 2017.

VIDAL, Sávaia Cristina; DOS SANTOS, Kayque Luiz Farias; NOGUEIRA, Ronaldo. Sistemas de Numeração com Ênfase no Sistema Binário e sua Aplicação por meio da Álgebra de Boole. **Jornada Científica**, v. 1, n. 2, 2016.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

ZAWADZKI, Przemysław; ŻYWICKI, Krzysztof. Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept. **Management and Production Engineering Review**, 2016.