

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA**

**EMANUEL FERREIRA MATOS
GUSTAVO VIANA LEITE SCHEIDT**

**ESTUDO DE CASO: INDÚSTRIA 4.0 COMPROVANDO
RENTABILIDADE DA APLICAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2018

**EMANUEL FERREIRA MATOS
GUSTAVO VIANA LEITE SCHEIDT**

**ESTUDO DE CASO: INDÚSTRIA 4.0 COMPROVANDO
RENTABILIDADE DA APLICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Engenharia Eletrônica como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Frederic Conrad Janzen

PONTA GROSSA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE CASO: INDÚSTRIA 4.0 COMPROVANDO RENTABILIDADE DA
APLICAÇÃO

por

EMANUEL FERREIRA MATOS
GUSTAVO VIANA LEITE SCHEIDT

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 14 de maio de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Frederic Conrad Janzen

Prof. Orientador

Prof. Dr. Fernanda Cristina Correia

Membro titular

Prof. Dr. Felipe Mezzadri

Membro titular

- A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Secretaria Acadêmica -

Dedicamos este trabalho com todo carinho aos nossos pais, amigos e professores que nos incentivaram e nos guiaram por esse caminho de aprendizado e superação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente aos nossos pais, Pedro, Maria do Carmo, Vera e Roberto, por todo amor e suporte ao longo de todos os anos na universidade e dedicação empregada para guiar nossos caminhos.

Agradecemos aos nossos amigos e irmãos, pelo exemplo de dedicação e de caráter e, também, por todos os conselhos e incentivos nos momentos difíceis.

Agradecemos também ao nosso orientador, Professor Doutor Frederic Conrad Janzen, pelo engajamento e disposição em nos auxiliar na elaboração deste trabalho e, ainda, por toda instrução e conhecimento compartilhado.

Agradecemos à empresa Anheuser-Busch InBev por todo suporte, conhecimento e informações compartilhadas para a realização desse estudo.

RESUMO

MATOS, Emanuel Ferreira; SCHEIDT, Gustavo Viana Leite. **Estudo de caso:** Indústria 4.0 comprovando rentabilidade da aplicação. 2018. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Eletrônica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do 5º Ano de Graduação em Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa. Este se concentrou no estudo das estratégias de manutenção e na mais recente revolução industrial, mais conhecida por Indústria 4.0, assim como mostrar a viabilidade de sua aplicação em uma indústria de grande porte. O objetivo é de contextualizar essa revolução e demonstrar quais os seus aspectos competitivos e o grande impacto no produto final e na manutenção. Convém realçar que este tema é bastante recente e sujeito a diversas e contínuas mudanças. A aplicabilidade deste estudo se demonstra mutável e altamente promissor. Quaisquer que sejam as novas tecnologias, poderão ser implementadas para constantes melhorias. Os principais focos deste estudo foram abordar os aspectos dessa recente revolução industrial, assim como estabelecer os requisitos básicos para evoluir entre a manutenção atual e a futura, lembrando que para consolidar essa evolução, o ambiente industrial deve atender à pré-requisitos que possibilitam a implementação dessa tecnologia. Para tal, foi utilizado um estudo de caso baseado em uma ocorrência de uma Cervejaria, que é considerada uma indústria do futuro, potencializando ainda mais os resultados obtidos a partir da implementação da tecnologia estudada.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Estratégias de manutenção. Rentabilidade.

ABSTRACT

MATOS, Emanuel Ferreira; SCHEIDT, Gustavo Viana Leite. **Case study:** Industry 4.0 proving application profitability. 2018. 32 f. Work of Course Conclusion (Electronic Engineering) - Federal University of Technology - Paraná, Ponta Grossa, 2018.

The present work was developed in the framework of the discipline of Final Work II from the 5th year of the Electronics Engineering course at the Federal Technological University of Paraná - Campus Ponta Grossa. This work is concentrated in the study of maintenance strategies and in the newest industrial revolution, known as Industry 4.0, as well as to show the viability of application in large companies. The objective is to contextualize this revolution and demonstrate what are the key competitive aspects and the great impact on the final product and in the maintenance. It is also important to point out that this topic is new, therefore is subject to continued changes. The application of this study shows itself variable and very promising, because whatever are the new technologies, they will be able to be implemented causing constantly improvements. The main focus of this study is to approach the aspects of the newest industrial revolution, as well as establish the basic requirements to evolve between the actual and the future maintenance, reminding that, to consolidate this evolution, the industrial environment has to satisfy preconditions that enable the fulfillment of the technologies. For better understanding, a case study was used to exploit an occurrence in a Brewery, that is considered an industry of the future, optimizing even more the results obtained with the application of the studied technology.

Keywords: Industry 4.0. Maintenance strategies. Profitability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Adaptação do artigo Cyber Physcal System	16
Figura 2 - Cidades inteligentes	19
Figura 3 - 3 C's do CPS.....	20
Figura 4 - Estrutura da indústria 4.0	21
Figura 5 - Composição do servo motor	23
Figura 6 - Estrutura de comunicação entre servo motor e sistema de gestão	26
Figura 7 - Monitoramento de temperatura x tempo	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Turnos de trabalho da cervejaria.....	24
Tabela 2 - Custo para uma parada de 6 dias	29

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i> (Identificação por Rádio Frequência)
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
CLP	Controlador Lógico Programável
CPS	<i>Cyber-Physical Systems</i> (Sistema Ciber-Físico)
CNI	Confederação Nacional da Indústria

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 APRESENTAÇÃO	10
1.1.1 Classificação da Pesquisa	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS	14
2.1.1 Primeira Revolução Industrial	14
2.1.2 Segunda Revolução Industrial	14
2.1.3 Terceira Revolução Industrial	14
2.2 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	15
2.2.1 Big Data Analytics	17
2.2.2 Internet of Things	18
2.2.3 Cyber-Physical System	19
2.2.4 Segurança	20
3 METODOLOGIA	22
3.1 ETAPAS PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO	22
3.1.1 Pesquisa Teórica	22
3.1.2 Pesquisa de Campo	22
3.2 DESENVOLVIMENTO	23
3.2.1 Servo Motores	23
3.2.2 Descrição da Unidade	24
3.2.3 Análise do Cenário	24
3.2.4 Análise da Estrutura da Aquisição de Dados	25
3.2.5 Análise da Falha	26
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Com o crescente avanço da manufatura industrial, a competição entre as empresas está crescendo e ficando mais acirrada, superando fronteiras, incentivando novas pesquisas e encorajando desenvolvimento de tecnologias que buscam otimizar processos produtivos implantando estratégias que proporcionam maior confiabilidade (PIANA; ERDMANN, 2011).

Uma dessas estratégias vem ganhando mais espaço a cada dia no mercado, onde traz a implementação da conectividade entre as máquinas com o objetivo de aumentar a autonomia do processo na tomada decisões, e também de se adaptarem aos diferentes requisitos de produtos e demanda (NASCIMENTO; MUNIZ JUNIOR, 2018).

Essa abordagem está representando um novo período no contexto das grandes revoluções industriais, e é definida pelo termo Indústria 4.0. Com o aumento da demanda por eficiência, segurança e diminuição de custos, metas mais desafiadoras são apresentadas às empresas diariamente, portanto essa revolução visa aproximar e aperfeiçoar cada um desses conceitos unindo os diversos campos da tecnologia (CNI, 2016).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), os campos de estudo que devem possuir maior relevância desse método, que inclusive são considerados seus pilares, são: a Internet das coisas (*Internet of Things - IoT*), *Big Data Analytics*, *Cyber-Physical Systems* (CPS) e Segurança, os quais serão abordados em maior detalhe posteriormente.

É importante ressaltar a necessidade de estudos e avanço dessas áreas, pois para que a excelência industrial seja alcançada, todos os processos devem estar conectados, com a capacidade de processar todas as informações com a máxima segurança e confiabilidade.

De acordo com Toro, Barandiaran e Posada (2015) após o entendimento do impacto dessa revolução, tanto econômico quanto social, algumas perguntas devem ser levadas em consideração pelos gestores que tem a visão de alcançar a nova geração industrial. Cada unidade deve analisar em qual estágio sua companhia se

encontra na escala para essa evolução; qual nível de tecnologia seu processo possui (*software, hardware*, segurança e espaço para armazenagem de dados); e como aplicar a experiência e capacidade de tomada de decisões das pessoas de forma que o sistema se torne autônomo.

O presente trabalho irá apresentar uma análise e comparação entre diferentes abordagens de manutenção realizadas, onde será possível entender, em uma situação real, como essa revolução irá influenciar no posicionamento de uma empresa no mercado com a aproximação dos conceitos apresentados anteriormente (demanda, custo e segurança). Tais tratamentos foram executados em uma mesma empresa na ocorrência de anomalias parecidas, porém houve uma diferença clara em relação à eficiência de resolução entre elas.

1.1.1 Classificação da Pesquisa

- Abordagem: esse trabalho apresenta-se como quantitativo em relação aos valores presentes no processo, mas também tem caráter qualitativo pois, avalia as questões que interferem nesses dados;
- Natureza: aplicada;
- Objetivos: exploratórios, pois analisa uma situação em específico;
- Método: o método utilizado classifica-se como indutivo, pois considera casos já existentes como prova de resultados.

1.2 JUSTIFICATIVA

Considerando o avanço tecnológico, a competição globalizada, a crescente demanda por produtos otimizados e maior eficiência de produção, o presente trabalho visa auxiliar no entendimento de como essa nova revolução industrial, que vem atingindo todos os setores produtivos, é importante para auxiliar na otimização operacional e na tomada de decisão, minimizando perdas e maximizando os ganhos. Assim, serão apresentados requisitos que devem ser atendidos para que estes objetivos sejam alcançados.

Esse trabalho teve proposta inicial após vivência em uma indústria de grande porte, observando as rotinas básicas e complexas de uma indústria foi

observado que cada rotina tem impacto no produto final, sendo claro que cada uma tem um peso nos seus respectivos processos. A experiência se tornou muito mais aprofundada no setor de manutenção, observa-se que as rotinas de manutenção e as estratégias que estão por volta da mesma, interferiam diretamente na produtividade de toda a planta, foi observando um caso de falha específico relacionado à Indústria 4.0 e suas aplicações.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é apresentar um estudo sobre um caso de sucesso aplicado à Cervejaria Adriática onde se comprovou a eficácia da implementação da conectividade entre as máquinas que representa a indústria do futuro.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir estratégias de manutenção;
- Demonstrar requisitos para a conectividade entre máquinas;
- Avaliação lógica para melhor oportunidade de manutenção, sem interferência humana;
- Viabilidade da implementação da tecnologia;
- Comparar o impacto positivo causado após a revolução da Indústria 4.0.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto de quatro capítulos. O segundo capítulo oferece um embasamento histórico sobre as revoluções passadas até a situação que encontra-se atualmente, assim como abordagens específicas sobre os pilares da Indústria 4.0 como *Cyber Physical System - CPS*, *Big Data Analytics*, *Internet of Things* e Segurança, apresentando qual a influência de cada um para que a nova revolução industrial se instale com sucesso definindo os requisitos para a

implementação da conectividade das máquinas auxiliando nas tomadas de decisão, e também o equipamento utilizado na implementação do estudo.

Realizando essa introdução, será abordado o caso específico que será apresentado nesse documento, exibindo informações sobre as estratégias envolvidas em determinado ramo da indústria referenciando a metodologia do trabalho e identificando também as abordagens de elaboração do trabalho.

Finalmente, o quarto capítulo apresenta as conclusões mais relevantes obtidas com este estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

2.1.1 Primeira Revolução Industrial

A primeira revolução industrial ocorreu no século XVIII, entre 1780 e 1830, tendo início na Inglaterra. Para Freitas (2017) essa primeira revolução veio pela necessidade de maior demanda das indústrias têxteis e siderúrgicas com o auxílio das máquinas à vapor e uso da força hidráulica. Nessa era industrial, a manutenção era utilizada apenas de forma corretiva, já que as máquinas eram simples e a forma de gestão era voltada inteiramente para a produtividade.

2.1.2 Segunda Revolução Industrial

Na segunda revolução com início no final do século XIX, por volta de 1870, segundo Sousa (2017) foi dado início à utilização da fonte de energia elétrica durante os processos correspondendo a necessidade da produção em massa devido às guerras mundiais, e juntamente houve avanço tecnológico das áreas de transporte e comunicação. Nesse momento, deram início à novos métodos de gestão da manutenção, já que máquinas mais eficientes e tecnológicas estavam sendo utilizadas, visando maior confiabilidade e disponibilidade. Essa mudança de estratégia e aplicação de tecnologia resultou no conceito da manutenção preventiva, no qual havia um maior planejamento e registro de informações para realizar paradas que não iriam impactar a produtividade.

2.1.3 Terceira Revolução Industrial

A terceira revolução industrial surgiu em um período pós-guerra no início da década de 1970, e veio apoiada pelo fortalecimento da globalização e pelo grande avanço tecnológico da época, como citado por Pena (2015). As atividades começaram a exigir maior qualificação dos trabalhadores, devido a expansão da eletrônica e dos sistemas integrados, onde os computadores foram inseridos na

indústria com a capacidade de reprogramação ou até autoprogramação. Com uma maior gama de ferramentas em mãos, as estruturas organizacionais sofreram modificações gerando a necessidade de redução de tempo, pessoas e improdutividade. Juntamente ocorreu novamente o avanço na forma de manutenção, que agora tende a se tornar preditiva, ou seja, os equipamentos possuem a capacidade de se comunicar entre si para que não haja a necessidade de detecção de anomalias utilizando mão de obra humana.

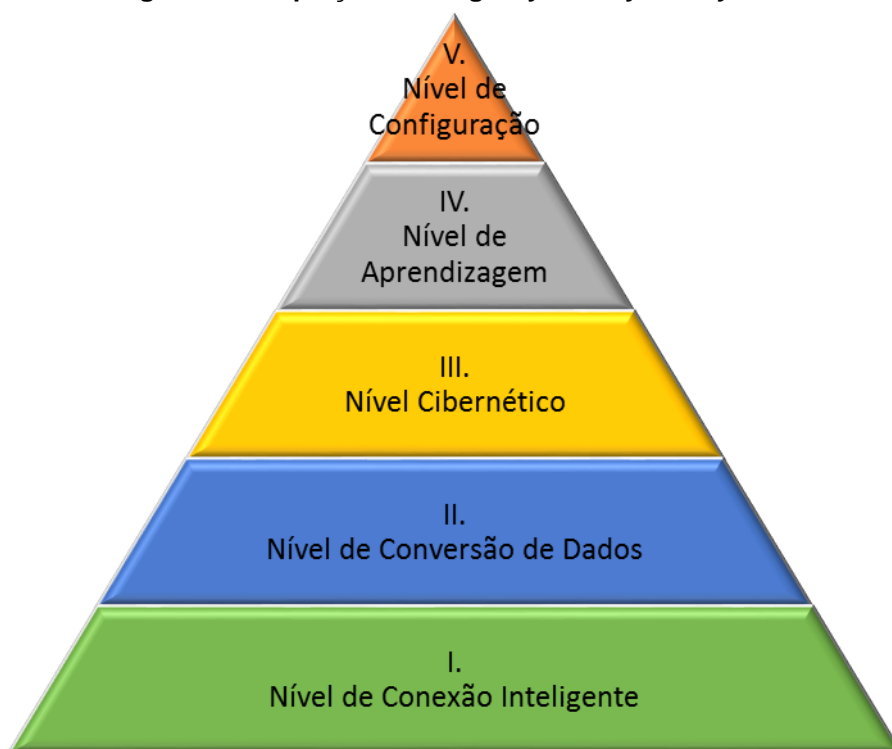
2.2 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Recentes avanços na estrutura da indústria brasileira e mundial fizeram com que cada detalhe que aconteça no chão de fábrica, ou informações que antes passavam despercebidas, tenham influência nas tomadas de decisões dos processos. Através de uma análise qualitativa dos sistemas de informações, será possível prever cenários ideais de produção para melhores tomadas de decisões que buscarão a maior eficiência de toda a produção e de todos os processos envolvidos.

Para que essas informações estejam sendo processadas de maneiras efetivas são necessários dois fatores essenciais (1) as informações devem ser processadas em tempo real e gerar respostas no menor tempo possível para que sejam tomadas ações imediatas e (2) que o sistema de análise de dados tenha uma grande confiabilidade na interpretação das informações, se aproximando das ações que seriam tomadas pelos gestores.

Atualmente a indústria 4.0 pode ser simplificada em 5 níveis, como mostra a figura a seguir.

Figura 1 - Adaptação do artigo Cyber Physical System



Fonte: Lee, Bagheri e Kao (2015)

Para Lee, Bagheri e Kao (2015) os níveis são definidos como:

I. Esse nível é responsável pela interface das conexões inteligentes, onde as aquisições de dados devem ser confiáveis para o desenvolvimento de um sistema cibernético. Essas aquisições de dados podem ser mensuradas através de sensores ou sistemas de produção. Nesse nível dois fatores devem ser considerados, eles são: o procedimento de aquisição, transferência e armazenamento de vários tipos de dados; e também a definição específica do correto componente de sensoriamento.

II. Informações relevantes devem ser traduzidas a partir dos dados obtidos através dos sistemas utilizados para a aquisição. Recentemente, várias tecnologias e metodologias estão sendo desenvolvidas e estão disponíveis para o tratamento de dados dessa nova estrutura aplicada às indústrias, sendo eles algoritmos e arquiteturas que trazem “autoconsciência” para as máquinas.

III. O nível cibernético atua como uma central de informações nessa arquitetura, onde dados estão sendo enviados a ele de forma massiva por todas as máquinas conectadas à rede. Devido à essa grande quantidade de informações, análises específicas devem ser realizadas para que seja possível extrair a referência desejada, esse método de análise também será apresentado posteriormente com a definição de *Big Data*.

IV. Esse nível exige conhecimento minucioso do processo devido a quantidade de informações geradas pelo sistema e pelas máquinas de forma individual. Portanto, o entendimento completo dos ciclos proporciona uma capacidade de priorização de tarefas, onde o correto tratamento dos dados irá auxiliar na tomada de decisão.

V. Na extremidade mais alta da pirâmide vem o nível de configuração, que após o tratamento de dados e das análises realizadas, configurações

realizadas desempenham a função de controle, fazendo com que as prioridades de trabalho definidas anteriormente sejam respeitadas pelas máquinas sem que seja necessário a atuação humana a todo momento, ou seja, o sistema se torna autoconfigurável e adaptável.

2.2.1 Big Data Analytics

Como visto nos primeiros capítulos deste trabalho, os avanços tecnológicos vêm causando mudanças significativas na indústria, iniciando as revoluções pelas máquinas à vapor, passando pelas máquinas elétricas chegando até a automatização dos processos. Junto com essa evolução, segundo Zakir, Seymour e Berg (2015), um conceito que vem chamando grande atenção é o de *Big Data*, no ramo da tecnologia de informação, que de acordo com Rößmann et al (2015) possibilita a otimização da performance de processos, qualidade de produtos e geração de dados direcionados ao gerenciamento dos sistemas.

Esse setor está enfrentando um desafio enorme em relação à proteção e verificação dessas informações, devido à alta customização dos produtos, comunicação em tempo real e variedade de elementos de informação personalizados e sem estrutura, que tem um crescimento impulsionado pelo rápido desenvolvimento da Internet e da economia digital, aumentando também a demanda por armazenamento e análise de dados. A razão de tamanha importância desse desafio corresponde ao fato que esse volume de dados gerados será transformado em informações gerenciais que irão atuar com precisão se baseando em cenários passados para melhor eficiência de processo e realização de decisões estratégicas (ZARTE et al, 2016.)

Com o ditado “você não pode gerenciar o que não mede”, de W. Edwards Deming e Peter Drucker, fica claro a importância para a indústria sobre a capacidade de processamento e segurança desses dados.

Para Laney (2001) *Big Data Analytics* pode ser representado pelos três V's, que são definidos por: Volume, Velocidade e Variedade. A seguir serão apresentadas as definições de cada “V”.

Volume: Organizações coletam dados de uma grande variedade de fontes, incluindo transações comerciais, redes sociais e informações de sensores

ou dados transmitidos de máquina a máquina. No passado, armazenar tamanha quantidade de informações teria sido um problema, mas novas tecnologias (como o Hadoop) têm aliviado a carga.

Velocidade: Os dados fluem em uma velocidade sem precedentes e devem ser tratados em tempo hábil. Tags de RFID, sensores, celulares e contadores inteligentes estão impulsionando a necessidade de lidar com imensas quantidades de dados em tempo real, ou quase real.

Variedade: Os dados são gerados em todos os tipos de formatos - de dados estruturados, dados numéricos em bancos de dados tradicionais, até documentos de texto não estruturados, e-mail, vídeo, áudio, dados de cotações da bolsa e transações financeiras.

Portanto *Big Data Analytics* é o termo que descreve o imenso volume de dados que são processados de maneira bruta, porém ele tem papel fundamental na forma que os dados são processados, não importa a quantidade de dados existente, e sim, como esses dados devem ser processados para ter uma tratativa ideal no processo produtivo que pode ser aplicado para cada empresa

A *Big Data* tem papel fundamental para a implementação da indústria 4.0, ficará bem claro nesse trabalho que sem ela, não seria possível conseguir os resultados que serão apresentados.

2.2.2 Internet of Things

A internet das coisas (do inglês *internet of things*) ou *IoT* é uma extensão da internet atual, foi amplamente difundido após a conectividade de todos os aparelhos do dia-a-dia, na indústria ela cria uma conectividade na qual os periféricos possam ser provedores de serviço e não só um artifício do controle remoto da rede.

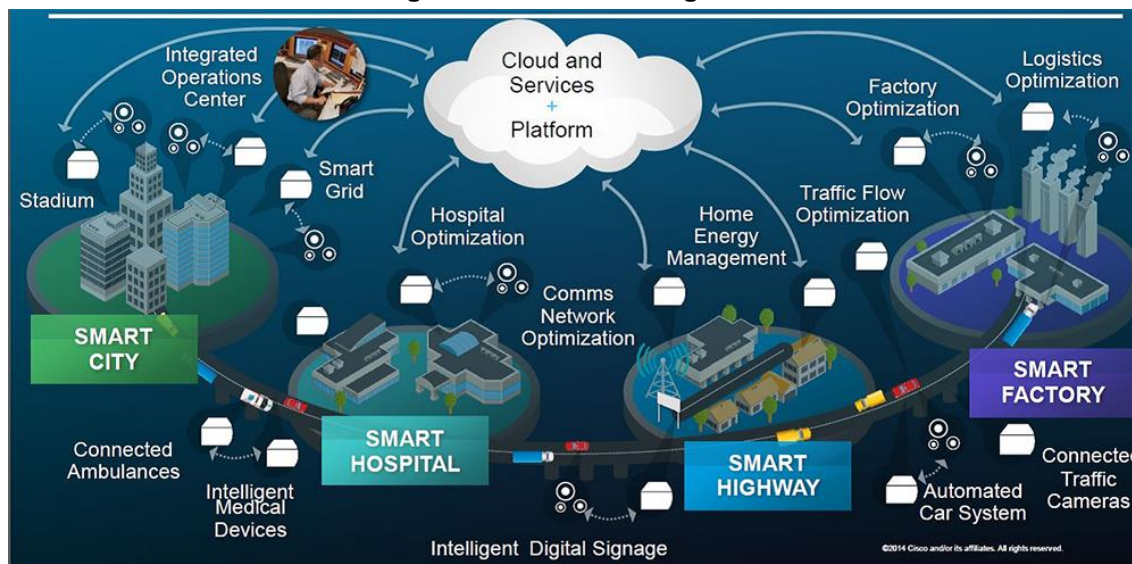
Para Banafa (2017) a IoT tem que ter apoio de uma estrutura bem grande de armazenamento de dados, porque cada vez mais são bombardeados informações e dados em toda rede industrial. A relação entre IoT e indústria 4.0 é basicamente um mutualismo, uma depende da outra para que sejam ambas beneficiadas.

Para que toda a conectividade seja alcançada dependendo que todos estes dados estejam na rede, para que as tomadas de decisões sejam rápidas e de maneira mais estratégica possível.

A imagem a seguir, mostra a ampla conectividade da IoT, que representa o futuro da aplicação, demonstrando conectividade não só entre a indústria mas também em todos os níveis de serviço da sociedade moderna, gerando uma

demanda de transferências de informações que são gerenciadas por um grande servidor de dados com auxílio de uma plataforma de conectividade.

Figura 2 - Cidades inteligentes



Fonte: Cisco

2.2.3 Cyber-Physical System

O Sistema cibernético-físico é fundamentalmente a união das plataformas de comunicação, computação e Controle da informação. O CPS é o alicerce para que a indústria 4.0 seja implementada na sua essência. Segundo Cheng et al (2016) a união entre a IoT e o CPS são os responsáveis pelos processos mutáveis de produção em larga escala e esses processos são a grande chave do sucesso da indústria 4.0.

Resumidamente o CPS tem o papel de integralizar dados de manufatura com dados gerenciais para que a tomada de decisão seja autônoma e com menor tempo possível. Para que isso seja possível será apresentado como é definido seu principal conceito.

Figura 3 - 3 C's do CPS



Fonte: Autoria própria

Os 3 “C’s” faz a representatividade entre mundo cibernético (processamentos de dados computacionais) e o mundo físico (unidades atuadoras, dispositivos e pessoas) e toda essa conectividade gera tomada de decisão através da informação desenvolvida por inteligência artificial.

O estruturamento do CPS se torna mais simples quando se observa a interação entre controle e computação (arco cinza) é fundamentalmente o **Sistema** a interação entre computação e comunicação (arco amarelo) é o **Cibernético** e por fim entre comunicação e controle (arco laranja) temos a relação **Física**.

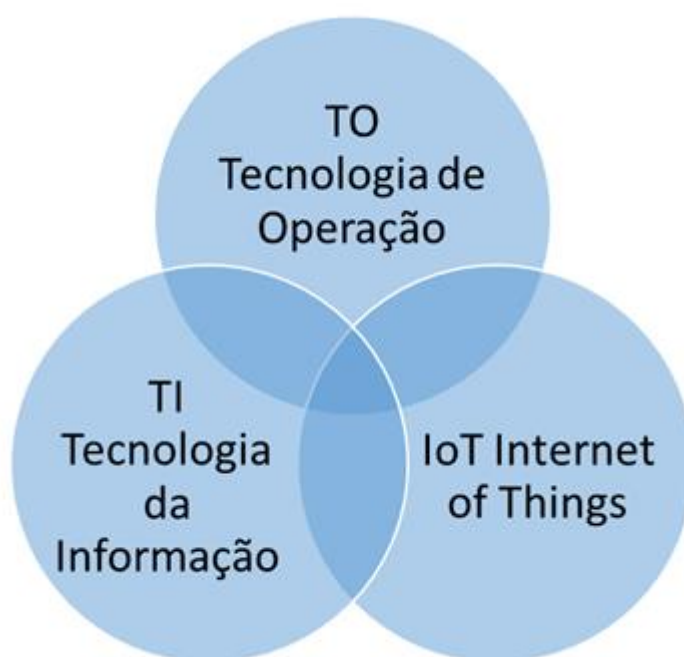
2.2.4 Segurança

Para Venturelli (2017) cada vez mais a questão de cibersegurança é um assunto delicado, a questão da indústria 4.0 é um conjunto de vias aonde essas informações são trocadas, nada mais normal que essas informações estarem suscetíveis a ataques de hacker.

Hoje é possível dizer que a parte mais frágil da indústria 4.0 é a parte de segurança da informação, exatamente porque na implementação não se leva em consideração ser atacado, porém as pesquisas mostram que todas que não tem uma infraestrutura de segurança serão alvos de hackers ou já estão sendo.

Para que os dados não estejam fragilizados com os ataques de hackers deve-se fazer uma convergência entre TI e automação industrial, o TI tem uma experiência muito grande na parte de segurança da informação, já a automação deixa pecar na atualidade das implementações.

Figura 4 - Estrutura da indústria 4.0



Fonte: Autoria própria

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a estratégia da metodologia que será utilizada para que os objetivos propostos sejam atingidos, buscando analisar a confiabilidade dos dados utilizados atualmente pela empresa, através da comparação das informações de duas estratégias de manutenção aplicadas à duas linhas de produção diferentes. Além de apresentar os recursos necessários para execução de cada um dos métodos.

3.1 ETAPAS PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO

Essa pesquisa apresenta como objetivo realizar análise entre diferentes estratégias de manutenção aplicadas à mesma planta de uma indústria cervejeira, mostrando o impacto da aplicação de todas as etapas da indústria 4.0, deixando claro que cada estratégia tem diferentes resultados no produto final ou no rendimento individual de cada equipamento. A seguir, serão apresentadas as etapas da realização da pesquisa.

3.1.1 Pesquisa Teórica

Para obter os dados que referenciam esse estudo, foram realizadas análises nas linhas de produção de envase de cerveja de retornável 600 ml e de 1 L retornável, e também estudos e pesquisa sobre o contexto que se aplica a indústria 4.0.

3.1.2 Pesquisa de Campo

A análise dos dados foi realizada durante o estágio curricular obrigatório em uma cervejaria em Ponta Grossa - PR, na área de Engenharia. Para o levantamento de dados, foi necessária uma parceria com o setor produtivo da cervejaria onde se situam as máquinas.

3.2 DESENVOLVIMENTO

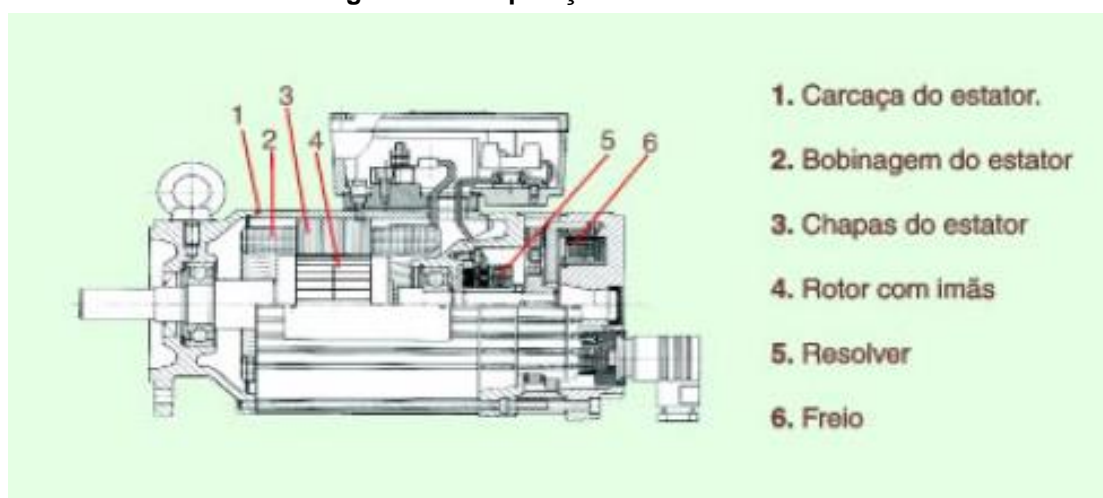
3.2.1 Servo Motores

Para Ottoboni (2002) servo motores vêm sendo empregados na indústria e otimizados cada vez mais desde a Segunda Guerra Mundial, devido à necessidade de melhoria das máquinas correspondendo à demanda industrial esses equipamentos se tornaram imprescindíveis nas fábricas. Eles possuem grande funcionalidade e aplicabilidade, se estendendo à inúmeros setores industriais, desde aplicações de robótica com precisão até sistemas robustos que necessitam grande torque para controle. A constante busca por melhorias fazem com que esses equipamentos sejam recursos de grande foco de aquisição e direcionamento de estudos.

Sua capacidade de controle de processos se dá devido à sua capacidade de controle de posição, velocidade e torque, fazendo com que possua grande eficiência de controle em diversas faixas de rotação.

Esse dispositivo eletromecânico com sua possibilidade de controle por realimentação, possui grande eficiência em relação à aplicabilidade na Indústria 4.0, pois ele apresenta grande confiabilidade em seus dados gerados e atua seguindo regras pré-determinadas de controle, como será abordado no caso estudado.

Figura 5 - Composição do servo motor



Fonte: Ottobani (2002)

Possuindo diferentes tipologias, cada modelo desse dispositivo é otimizado para atender diferentes necessidades do usuário, sejam elas, precisão, controle ou robustez, sendo importante ressaltar a sua flexibilidade de conexão com diferentes periféricos, sendo assim, se tornando um componente essencial para a evolução de uma empresa para se tornar parte da Indústria 4.0.

3.2.2 Descrição da Unidade

A empresa é uma cervejaria porte multinacional, com mais de 40 unidades no Brasil, entre cervejarias e verticalizadas. A unidade em questão fica situada entre os municípios de Tibagi e Ponta Grossa, no Paraná, possui capacidade de produção de até 28.000 hL por dia, possuindo quatro linhas de produção (uma de retornável 600 mL, uma de retornável 1L, uma de lata e uma de Chopp). Conta com 418 funcionários próprios que se dividem em 3 turnos como mostra a tabela a seguir.

Tabela 1 - Turnos de trabalho da cervejaria

Turno	Entrada [h]	Saída [h]
A	23:00	07:20
B	07:00	15:20
C	15:00	23:20

Fonte: Autoria própria

O sistema de gestão da organização que tem como uma de suas funções definir as frequências de amostragem para cada um dos controles do processo que são compilados e mantidos como histórico de dados, possuindo centenas de análises.

3.2.3 Análise do Cenário

Como citado anteriormente o cenário analisado é referente à duas linhas de envase de cerveja da Cervejaria, onde uma das linhas é responsável pelo envase de garrafas retornáveis de 600 ml. Essa linha é composta basicamente pela despaletizadora, lavadora de garrafas, enchedora, pasteurizador, rotuladora, encaixotadora e paletizadora, onde a lavadora de garradas é considerada um equipamento crítico para o processo devido à sua indispensabilidade. A outra linha

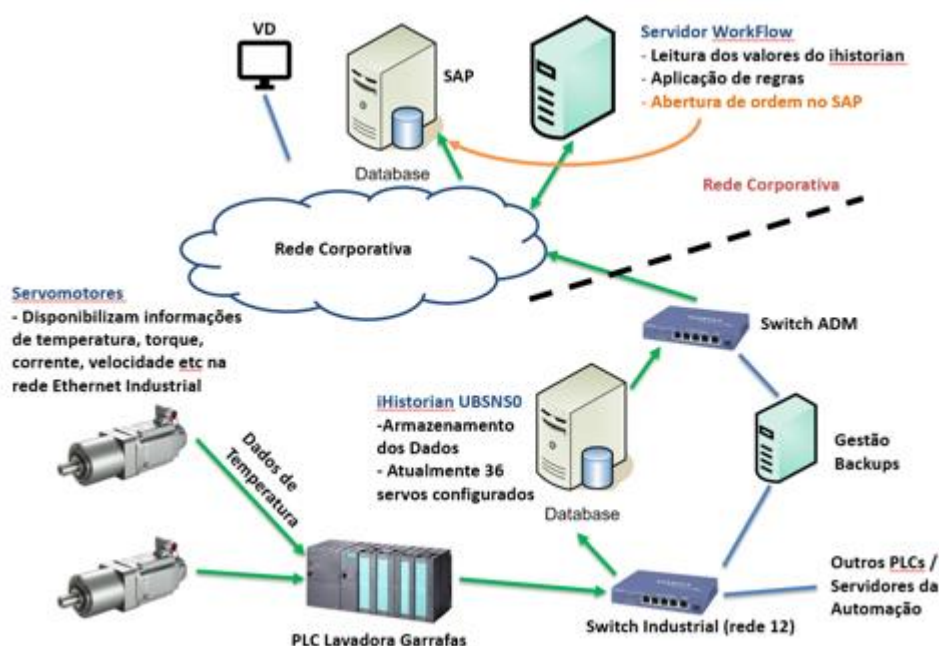
estudada é responsável pelo envase de garrafas retornáveis de 1 L, e seu processo pode se dizer que é similar ao da linha anterior.

3.2.4 Análise da Estrutura da Aquisição de Dados

Essa estratégia coleta os dados, com a utilização de periféricos, de temperatura, torque, corrente e velocidade do servo motor e os envia para o Controlador Lógico Programável (CLP) do equipamento em questão. Esse CLP faz a comunicação através de um Switch industrial que troca informações com diversos servidores e com uma central de armazenamento de dados, esses dados são tratados seguindo regras pré-determinadas para cada aplicação.

Após os dados serem interpretados, são geradas ações que seguem as regras de interpretação, se os parâmetros estão de acordo, esses dados apenas são mantidos em histórico, porém, se existir alguma incompatibilidade, é dada sequência no fluxo de manutenção preditiva. Baseado na variável que não está de acordo com o valor esperado, o sistema cria uma ordem de manutenção no *software* de planejamento de produção, onde essa ordem de manutenção já possui em anexo um procedimento de manutenção com a ação corretiva que deve ser realizada.

Figura 6 - Estrutura de comunicação entre servo motor e sistema de gestão



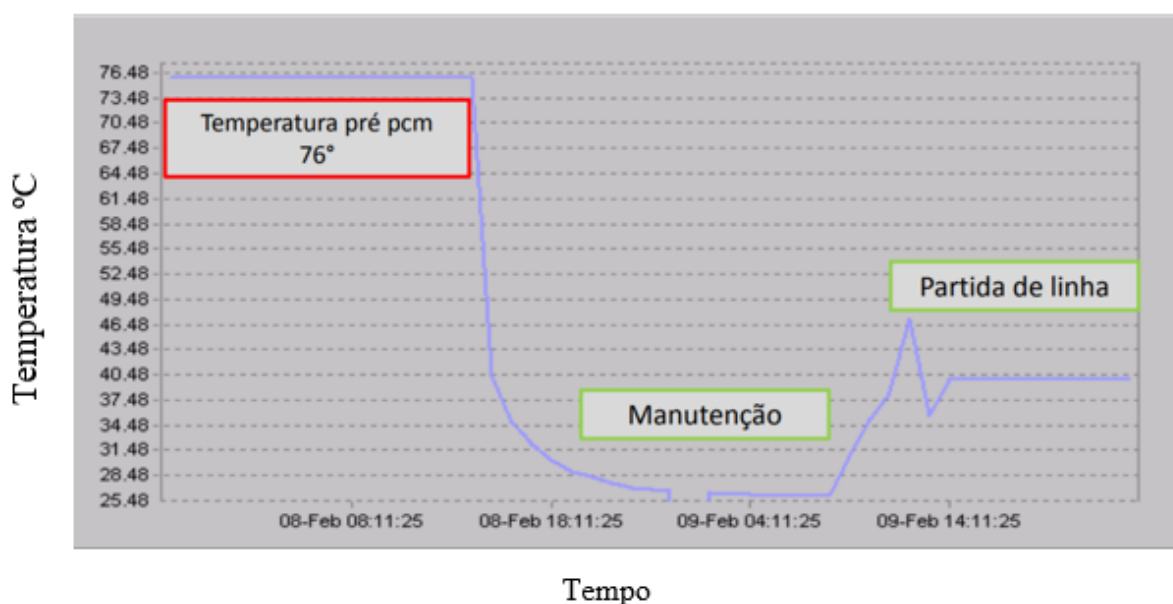
3.2.5 Análise da Falha

Toda essa cadeia de manutenção acontece sem mesmo que o equipamento tenha apresentado uma falha, a ordem de manutenção é colocada em uma escala de urgência a depender dos valores dos parâmetros analisados. No caso de estudo, o parâmetro que deu sequência na cadeia de manutenção foi a temperatura do servo motor, sua temperatura de pico chegou a 83°C, baseado nas regras, foi gerada uma manutenção para próxima oportunidade de parada de linha.

A ordem de manutenção foi programada para técnicos mecânicos realizarem o procedimento que já estava anexado na própria ordem de manutenção, chegando no equipamento foi constatado que o rolamento do lado oposto do eixo do servo motor estava com anomalias graves. Foram observados desgastes e oxidação na vedação da camisa, esse desgaste é o suficiente para passagem de fluido da máquina para o rolamento, podendo fazer o eixo travar por completo.

Após intervenção mecânica e substituição dos componentes danificados foi perceptível a melhora do parâmetro que originou toda cadeia de manutenção. A temperatura do servo manteve em média em 40 °C após partida da linha, como pode-se observar na imagem abaixo.

Figura 7 - Monitoramento de temperatura x tempo



O mais importante a se observar é que essa manutenção foi realizada em uma parada programada de linha, e foi finalizada no mesmo dia, não impactando na eficiência da linha. É possível mostrar a eficiência da manutenção preditiva observando um caso que teve muita semelhança na mesma unidade, um equipamento do mesmo modelo que estava instalado em outra linha.

Durante produção a máquina entrou em falha, devido excesso de temperatura em um servo motor do eixo principal, foram tomadas diversas ações para tentar resolver o problema, mas todas sem sucesso, essas ações foram acarretando outros problemas no equipamento, só depois de algum tempo foi observado que o rolamento estava completamente travado, devido a contaminação de fluidos do equipamento, por ter sido um atendimento emergencial as causas do problema eram desconhecidas e algumas ações precipitadas foram tomadas até chegar a causa fundamental.

Exatamente por se tratar de um atendimento emergencial e não uma manutenção programada existiram diversos fatores que contribuíram com atitudes que fizeram o equipamento em questão ficasse 6 dias parado, gerando uma grande perda de produtividade, impactando em custos para a unidade. É importante ressaltar que uma manutenção com todo um planejamento tem uma probabilidade muito maior de sucesso que um atendimento emergencial.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste projeto foi de avaliar a performance de diferentes estratégias de manutenção situando a situação das indústrias atuais junto às descobertas tecnológicas que estão surgindo diariamente. Para tal demonstração, foi utilizado um caso prático ocorrido em uma cervejaria. Visto a grande demanda recebida pela unidade, essa necessita que seus processos funcionem com grande eficiência e produtividade, para atender seus consumidores de maneira eficaz.

Grande parte das indústrias brasileiras ainda utilizam métodos antigos para realizar intervenções e análises de dados, e as estratégias e métodos abordados nesse estudo demonstram a melhoria causada com sua implantação. Mesmo podendo possuir um alto valor de investimento inicial, dependendo da situação tecnológica atual do ambiente, os resultados são alcançados de forma rápida e podendo também ter um grande impacto positivo nos custos de produção. E também é importante ressaltar que a variação do custo de implantação se dá conforme a necessidade do processo, podendo ser mais elevado caso a precisão e confiabilidade sejam fatores de extrema importância e os dados para interpretação possuam grande complexidade.

O diagnóstico tardio do segundo caso resultou em grandes perdas para a unidade, mostrando a necessidade de evolução do projeto. A unidade em questão obtém grande vantagem por ter sido projetada já com perspectiva de possuir grande conectividade entre seus processos, fazendo parte do grupo de indústrias 4.0, com isso, foi dado início às análises e projetos para conectar os periféricos à rede, utilizando os conceitos de IoT e *Big Data*.

O conceito de CPS é muito bem difundido e aplicável à unidade, o controle não se torna tão dependente de um CLP e deixa a conectividade e análise de dados nas mãos dos microcontroladores e na inteligência artificial aplicada a cada setor responsável, no caso em específico as regras são definidas por um *software* que analisa as informações em tempo real. Analisando os trabalhos relacionados sobre indústria 4.0, fica claro a sua eficiência e rentabilidade ao fazer um comparativo entre os dois cenários semelhantes e comparando qualitativamente seus impactos em custo

À caráter representativo, considerando que o custo médio por uma garrafa de 600 mL de cerveja no Brasil, é de R\$ 5,56 e a capacidade nominal de envase da linha é de 60.000 garrafas por hora, o volume bruto perdido pode ter causado uma perda de R\$ 28.823.040,00. Por outro lado, o impacto causado pela manutenção do outro equipamento não teve custo nenhum em relação a perdas, pois foi uma parada planejada, onde os gastos foram direcionados para o problema, evitando assim custos extras.

A tabela a seguir, mostra de maneira simplificada os cálculos de custo que foram impactados com essa parada de máquina,

Tabela 2 - Custo para uma parada de 6 dias

Nominal da linha (grfs por hora)	Volume da garrafa (L)	Volume bruto perdido (L)	Média de preço (R\$)	Custo bruto (R\$)
60.000	0,6	864000	5,56	28.823.040,00

Fonte: Autoria própria

De modo geral, conclui-se a efetividade da implantação das inovações tecnológicas que essa revolução trouxe, juntamente com as novas estratégias e maior autonomia das máquinas para se comunicarem e tomarem suas próprias decisões. Portanto, diminuindo a interferência humana e excluindo erros qualitativos, o impacto positivo causado é claro, de forma que novas unidades, conforme sua necessidade, devem considerar a possibilidade desde a fase de projeto para criação de um ambiente favorável à se unir à essa revolução.

Como sugestão para estudos adicionais, podem ser elencadas análises financeiras e de viabilidade para diferentes aplicações, visando avaliar as diferentes necessidades e custos para novas empresas ou mesmo para empresas já estabelecidas no mercado mas que precisam evoluir para continuar na competição pelo mercado atual, aumentando suas chances de continuarem consolidadas através da melhoria do processo de fabricação de seus produtos ou mesmo apenas melhorando significativamente suas estratégias de manutenção, deixando de sofrer grandes perdas por erros que poderiam ser evitados com a autonomia industrial.

Pode-se trazer referência da Indústria 4.0 muito além da indústria, com a difusão dessa tecnologia e crescente investimento em todos os âmbitos sociais, pode-se relacionar a produção industrial com toda gama de necessidade da sociedade atual, os modelos de consumos vão se tornar muito mais dinâmicos e assertivos e toda cadeia de produção terá que respeitar a demanda atual de consumo.

REFERÊNCIAS

BANAFSA, Ahmed. **Internet of things (IoT):** more than smart “things”. Disponível em: <<https://datafloq.com/read/internet-of-things-more-than-smart-things/1060>>. Acesso em: 26 out. 2017.

CHENG, Guo-Jian; et al. Industry 4.0: development and application of intelligent manufacturing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEM AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ISAI), **Proceedings...** Hong Kong, p.407-410, jun. 2016.

CNI (Confederação Nacional da Indústria). **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil.** Brasília: CNI, 2016. Disponível em: <<http://www.pedbrasil.org.br/ped/artigos/079F8BA3E7E5281B.0%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2017.

LANEY, Doug. Big data analytics. **Meta Group**, Stanford, p.1-3, feb. 2001.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, Cincinnati, v. 3, p.18-23, jan. 2015.

NASCIMENTO, Luis de Oliveira; MUNIZ JUNIOR, Jorge. **Indústria 4.0:** transformação e desafios para o cenário brasileiro. 2018. Disponível em: <<http://unespciencia.com.br/2018/02/01/industria-93/>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

OTTOBONI, Augusto. Servo-acionamentos. **Mecatrônica Atual**, São Paulo, v.1, n.6, p. 7-14, out. 2002.

PIANA, Janaina; ERDMANN, Rolf. Fatores geradores de competitividade na manufatura: uma relação entre práticas e resultados. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 4, n. 1, p. 73-90, abr. 2011.

RÜßMANN, Michael; et al. **Industry 4.0:** the future of productivity and growth in manufacturing industries. 2015. Disponível em: <<https://www.zvw.de/media.media.72e472fb-1698-4a15-8858-344351c8902f.original.pdf>>. Acesso em 18 jun. 2017.

TORO, Carlos; BARANDIARAN, Iñigo; POSADA, Jorge. A perspective on knowledge based and intelligent systems implementation in Industrie 4.0. **Procedia Computer Science**, v. 60, p. 362-370, 2015.

VENTURELLI, Marcio. **A segurança de dados na Indústria 4.0**. Automação industrial. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/seguranca-de-dados-na-industria-4-0/>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

ZAKIR, Jasmine; SEYMOUR, Tom; BERG, Kristi. Big data analytics. **Issues In Information Systems**, v. 16, n. 2, p.81-90, ago. 2015.

ZARTE, Maximilian; et al. Building an industry 4.0-compliant lab environment to demonstrate connectivity between shop floor and IT levels of an enterprise. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, 42., **Proceedings...** Florence, p.6590-6595, out. 2016.