

## INDÚSTRIA 4.0 EM USINA SUCROALCOOLEIRA

### AUTORES

**CÂNDIDO, Thiago Orélio**

Discente da União das Faculdades dos Grandes Lagos - UNILAGO

**ALMEIDA, Crislene Barbosa de**

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

### RESUMO

O termo indústria 4.0 surgiu em 2011, em uma feira industrial, e representa a “Quarta Revolução Industrial”. As empresas ganham novo patamar tecnológico, com a chegada da Indústria 4.0 e as facilidades que ela pode oferecer como possibilidade de se interagirem com o mundo, aumentando sua produtividade e lucratividade com segurança às indústrias e manufaturas em geral. Com a evolução do setor sucroalcooleiro e a necessidade de maiores produtividades em curto prazo, a tendência é motivar as empresas a implementar esta indústria 4.0 seguindo suas diretrizes. Além de determinar pontos de melhoria e definir ferramentas, a execução das mesmas tornam este tipo de evolução a melhor forma a seguir atualmente. O presente estudo apresenta uma correlação de três temas atuais, Indústria 4.0, NR-12 e *QR Code*, utilizados para mostrar o funcionamento da Indústria 4.0 e como o *QR Code* pode ser uma ferramenta no auxílio do cumprimento da NR-12 em uma usina de bioenergia. Os resultados mostraram as formas de identificação dos equipamentos, falhas de segurança e modo de manutenção expondo as dificuldades encontradas pelos operadores em suas atividades rotineiras.

### PALAVRAS-CHAVE

Usina de álcool. QR Code. Revolução industrial.

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1760, houve na Inglaterra a primeira Revolução Industrial que proporcionou o surgimento das máquinas a vapor e a substituição do trabalho artesanal pelo assalariado. A partir de 1850, surgiu a segunda Revolução Industrial, que trouxe grandes avanços dentro da indústria química, elétrica e de combustíveis petrolíferos. Ademais, deu-se início a linha de produção em massa, que teve como pioneiro Henry Ford no início do século XX. A terceira revolução ocorreu a partir do fim da Segunda Guerra Mundial, trazendo grandes evoluções no campo tecnológico que criou interações entre indústria e conhecimento tecnológico (GROOVER, 2011).

Segundo Dreher (2016), o termo indústria 4.0 ficou conhecido na Alemanha em 2011, em uma feira industrial e representaria a Quarta Revolução Industrial. Schwab (2016), explica que nessa Revolução, a internet é chave principal para que a realidade das fábricas entre em fusão com o mundo virtual, colaborando para a elevação dos processos de automação industrial através de sistemas ciberfísicos, big data e internet. Assim, se resume a um diálogo entre as máquinas, via internet, por meio de uma rede composta por sensores e dispositivos computacionais.

As mudanças que as revoluções causaram dentro da indústria inclui a Norma Regulamentadora 12 (NR-12) onde, de acordo com Lima (2018), o objetivo da NR-12 é assegurar que máquinas e equipamentos estejam em condições adequadas para os trabalhadores, exigindo um relatório com informações completas sobre os equipamentos.

De acordo com Prass (2011), *QR Code* (tipo específico de código de barras), é capaz de armazenar uma grande quantidade de caracteres e é um meio de transmitir rapidamente as informações. Neste, a decodificação é realizada com a utilização de um celular que possua câmera fotográfica para direcionar o usuário a um link ou site específico no qual está publicado o conteúdo sobre o produto.

Com a evolução do setor sucroalcooleiro e a necessidade de maiores produtividades em curto prazo, a tendência é motivar as empresas a implementar a indústria 4.0 seguindo suas diretrizes. Além de determinar pontos de melhoria e definir ferramentas, a execução das mesmas tornam este tipo de evolução a melhor forma a seguir atualmente. Assim, frente ao cenário apresentado, o presente estudo apresenta uma correlação de três temas atuais utilizados para mostrar o funcionamento da Indústria 4.0 e como o *QR Code* pode ser uma ferramenta no auxílio do cumprimento da NR-12 em uma usina de bioenergia.

## 2. CONCEITO DE INDÚSTRIA E A EVOLUÇÃO DAS REVOLUÇÕES

A indústria surgiu com a primeira revolução, uma atividade econômica com objetivo de transformar a matéria-prima em produtos utilizando-se de maquinários. A atividade industrial implica na fabricação de produtos tangíveis e está intimamente ligada a palavra produção, nos quais tais processos devem ser planejados, organizados e controlados (MOREIRA, 2015).

Entre 1760 e 1840 na Inglaterra, começou a surgir a primeira Revolução industrial, quando os métodos artesanais foram substituídos por máquinas. Neste período houve a introdução da produção movida a energia a vapor e potência hidrelétrica, ocasionando um novo estilo de vida ao artesão, que anteriormente controlava a produção desde o princípio até a comercialização e passou a sujeitar-se a um padrão responsável por todo o processo produtivo (ZARTE et al, 2016).

Cotrim (2010), afirma que a partir desta primeira revolução, outras tão importantes começaram a surgir

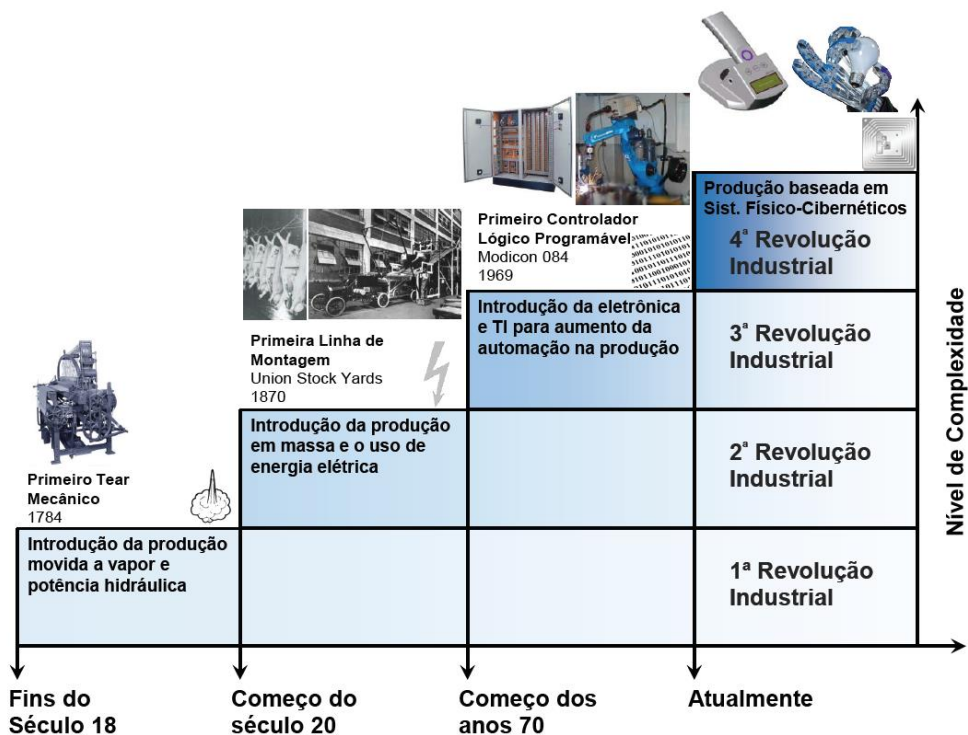
onde as principais inovações foram na utilização do aço, energia elétrica, combustíveis petrolíferos, invenção do motor e surgimento de produtos químicos.

Para Hobsbawm (1968), a Segunda Revolução teve seu desenvolvimento voltado para a indústria elétrica e química, com a ciência representando um papel fundamental. Outra característica foi o início da produção em massa de produtos padronizados e também a automatização de alguns processos acarretando no surgimento do mercado de massas primeiramente nos EUA e com aumento de empresas gerando uma centralização de capital.

A Terceira Revolução caracterizou-se pela era digital, quando houve a proliferação do uso de computadores, automação, robotização nas linhas de produção, telefones móveis e internet. Além disso, essa revolução promoveu mudança no modo como as informações são armazenadas e processadas de maneira digital (COSTA, 2017). Essa mesma revolução contou também com pesquisas feitas após Segunda Guerra, tais pesquisas foram impulsionadas pela corrida espacial, na qual a automação da produção em série foi o principal agente (COTRIM, 2010).

A figura 1 apresenta o histórico das revoluções industriais.

**Figura 1.** Histórico das Revoluções Industriais.



Fonte: Adaptado de Kagermann; Wahlster; Held (2012) apud Santana (2017).

### 2.1. Indústria 4.0

De acordo com Dreher (2016), a Indústria 4.0 ficou conhecida na Alemanha em 2011, na Feira Industrial de Hannover, como um termo que se refere à Quarta Revolução Industrial.

Para Schwab (2016), essa revolução representa a era em que a internet é a chave principal. Esse tipo de indústria tem como principal característica a fusão do mundo real com o virtual, assim criam-se novas tecnologias e elevação dos processos de automação industrial por meio de sistema ciberfísicos e a flexibilidade da cadeia

produtiva, mais eficiente para clientes e fornecedores. Outro fator importante citado pelo mesmo autor está relacionado com a maneira das empresas interagirem dentro da cadeia de valores. Conforme a tecnologia avança, os processos passam a ser mais dinâmicos, ágeis e assertivos, tornando a troca de informações dentro da empresa mais integrada.

Segundo CNI (2016), a indústria 4.0 é caracterizada pela integração e controle da produção através de sensores e equipamentos conectando o real com o virtual, criando sistemas ciberfísicos por meio da inteligência artificial e tem como pilares a Internet das Coisas, o Big Data, a computação em nuvem assim como a inteligência artificial. Nesse tipo de indústria, ao longo do processo, máquinas e insumos trocam informações instantâneas sobre compras e estoques.

## 2.2. Big data

Costa (2016), afirma que tal termo tenha surgido na década de 90 referindo-se a grande quantidade de dados armazenados, que considera a forma de administrá-los por causa da capacidade tecnológica que talvez não fosse suficiente.

O termo *Big Data*, descreve o gigantesco volume de dados estruturados e não estruturados coletados e armazenados por *softwares*. Este é aplicado ao contexto da Indústria 4.0 para a qualificação desses dados, transformando-os em informações relevantes para o negócio. Esse tratamento de dados se dá a partir dos 6 Cs, classificados como Conexão (com a rede industrial), *cloud computing*, *cyber*, conteúdo, comunidade (compartilhamento de informações) e customização. Além dos pilares que sustentam a base de tecnologia dos sistemas de produção inteligentes, existem cinco princípios que contribuem diretamente para a implantação da Indústria 4.0. Segundo Hemann; Pentek; Otto (2015), esses princípios são:

- Capacidade de operação instantânea: é o tratamento instantâneo de dados que permite a tomada de decisões em tempo real;
- Virtualização: é a criação de uma cópia virtual da fábrica que permite o monitoramento remoto de todos os processos da cadeia de produção;
- Descentralização: é o aprimoramento dos processos de produção através da descentralização da tomada de decisões, que poderá acontecer por meio do sistema ciberfísico e das próprias máquinas, que passam a fornecer informações sobre o ciclo de operação;
- Orientação a serviços: é o uso de arquiteturas de softwares direcionadas aos serviços;
- Modularidade: é a produção baseada sob demanda que permite maior flexibilidade na alteração de tarefas previstas para as máquinas (HEMANN, PENTEK E OTTO, 2015).

A Tabela 1 apresenta os princípios de design dos componentes da 4ª Revolução Industrial.

**Tabela 1.** Princípios de design de cada componente da Indústria 4.0.

|                    | Sistemas Físico-Cibernéticos | Internet das Coisas | Internet de Serviços | Fábrica Inteligente |
|--------------------|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Interoperabilidade | X                            | X                   | X                    | X                   |
| Virtualização      | X                            | -                   | -                    | X                   |
| Descentralização   | X                            | -                   | -                    | X                   |

|                                |   |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|
| Análise de Dados em Tempo Real | - | - | - | X |
| Orientação a Serviços          | - | - | X | - |
| Modularização                  | - | - | X | - |

Fonte: Adaptado de Hemann, Pentek e Otto (2015).

### 2.3. IOT Internet das coisas

Venturelli (2014) descreve a Internet das Coisas como a conexão lógica de todos os dispositivos e meios relacionados à indústria em questão. Essa conexão pode ser por meio de sensores, transmissores, computadores, células de produção, sistemas, diretrizes, informações governamentais, climáticas e de fornecedores. Todas essas informações são analisadas em um banco de dados. As informações são trocadas de forma autônoma e até atuam na tomada de decisões de produção, custo, contingência e segurança por meio da inteligência artificial.

Para Schwab (2016), se resume a um diálogo entre as máquinas via Internet, por meio de uma rede composta por sensores e dispositivos computacionais que analisam os dados e os transforma em informação. Assim, possibilitam realização de determinadas tarefas.

Um exemplo da aplicação da Internet das Coisas, ainda segundo Schwab (2016), é no agronegócio, no qual o agricultor consegue controlar a irrigação e acompanhar o tempo de colheita e tomar a decisão da melhor época do ano para o plantio.

Gubbi et al (2013), citam outro exemplo de aplicação, desta vez em uma pequena empresa, na qual ocorre o monitoramento do ambiente, verificação do volume de clientes e a localização com relação aos produtos. A análise desses pontos revela informações valiosas sobre o comportamento dos clientes, que juntamente com a estratégia de análise em *Big Data*, permite uma análise completa e estruturada de como tal estabelecimento se comporta.

### 2.4. NR-12

Segundo NR-12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (Portaria MTb n.o 3.214, de 08 de junho de 1978), tal norma tem como objetivo de assegurar que as máquinas e equipamentos estejam em condições seguras para serem utilizados pelo trabalhador, trazendo segurança a este e melhorias nas condições de trabalho que envolvam os equipamentos, onde os mais propensos à acidentes são máquinas que realizam movimentos giratórios, alternados e retilíneos (MINISTÉRIO DO TRABALHO, NR-12, 1978).

Para Lima (2018), muitas causas de acidentes é a falta de comunicação entre os trabalhadores, que por vezes não avisam uns aos outros sobre problemas que o equipamento está apresentando ou até mesmo chegam a ativar uma máquina sem saber que há um companheiro lá dentro realizando manutenção.

As principais medidas de segurança da NR-12 se resumem em três, são elas:

1. Medidas de proteção coletivas – são proteções fixas em áreas de risco, como exemplo, um circuito de parada de emergência ou o fechamento de uma transmissão por correias (MINISTÉRIO DO TRABALHO, NR-12, 1978).

2. Medidas administrativas – refere-se ao treinamento com os funcionários para que saibam as políticas de segurança da empresa e possam cumpri-las. Os treinamentos devem ser assíduos e documentados e

a empresa também deve adotar manutenções preventivas a fim de prevenir probabilidade de falhas nos maquinários (MINISTÉRIO DO TRABALHO, NR-12, 1978).

3. Medidas de proteção individual – tais medidas devem ser aplicadas durante o expediente, onde os funcionários estejam devidamente equipados com Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), prevenindo assim a exposição destes aos fatores de riscos (MINISTÉRIO DO TRABALHO, NR-12, 1978).

Para que tais condições sejam asseguradas, a NR-12 exige que haja um relatório com informações completas sobre todo o ciclo de vida de tal equipamento contendo sua utilização, histórico de manutenção, instalação e até mesmo o fim de sua vida útil (MINISTÉRIO DO TRABALHO, NR-12, 1978).

A Norma também responsabiliza o empregador, ou seja, a empresa, a adotar medidas de proteção e segurança na utilização de seus maquinários e equipamentos pelos seus funcionários, uma vez que a mesma deve garantir aos trabalhadores integridade física e saúde (LIMA, 2018).

## 2.5 QR Code

*QR Code* foi inicialmente criado pela empresa japonesa Denso-Wave no ano de 1994, sua funcionalidade era identificar peças em indústrias automobilísticas (PRASS, 2011). Trata-se de um código de barras (Figura 2), que pode ser escaneado pela maioria dos aparelhos celulares que possuem câmera fotográfica. Após ser decodificado, tal código se transforma em um texto, link ou um redirecionamento a um conteúdo específico publicado em algum site. Os *QR Codes* são capazes de armazenar uma quantidade significativa de caracteres numéricos e é um meio para transmitir rapidamente informações a dispositivos móveis.

**Figura 2.** Exemplo de *QR Code*.



Fonte: Xavier (2014).

A diferença entre o código de barras comum e o *QR Code* está na forma em que são processados. O código de barras só pode ser decodificado por um scanner específico com laser vermelho, no qual o aparelho lê a informação e a transfere para um computador, onde é convertido em números, baseando-se em um código e em informação cadastrada em um banco de dados (XAVIER, 2014). O *QR Code* por sua vez, tem uma alta capacidade de armazenar dados e pode ser lida através de uma câmera de celular e um programa (aplicativos), específico para a leitura do código.

*QR Code* foi, então, objeto de estudo em trabalho anterior e a partir de sua execução foram implementadas pela empresa, como resultado do trabalho (Sant'Ana, 2017):

**a) Primeira melhoria apontada: Melhorar a comunicação das máquinas estabelecendo acesso à internet**

A empresa estudada posicionou contrária à essa melhoria, devido ao alto custo e mesmo a planta apresentando potencial a transição para indústria 4.0, a empresa não apresenta o projeto para realizar este tipo de alteração no futuro recente.

**b) Segunda Melhoria apontada: Interligar os *big data*s existentes à nuvem (*Cloud*)**

Para esta melhoria foram determinadas todas as características de implementação para essa tecnologia ser aplicada. No entanto, em julho de 2017 ocorreu um ataque cibernético na empresa sem precedentes que resultou em grande prejuízo do grupo empresarial com o roubo de informações financeiras e demais seguimentos. Assim, essa melhoria foi cancelada até o momento, e a empresa realiza somente a transição de baixo fluxo de informações entre as unidades de forma direta sem qualquer tipo de armazenamento em nuvem. No presente momento os dados transferidos para outras unidades do grupo são dados de produção e matérias de estoque em almoxarifado, que não comprometem o funcionamento da empresa em caso de perda ou furto por *hackers* ou falha em sistema da tecnologia envolvida.

**c) Terceira melhoria proposta: Transferência de matéria prima de um processo para outro**

Esta melhoria foi observada e estudada pela operação e líderes de processos com ressalvas, pois como ambos os processos de moagem se mantêm com duas linhas distintas de alimentação de matéria prima, a transição de uma esteira ligando uma moenda à outra ficaria somente em caso de quebras ou de outro fator aleatório. Assim, a empresa decidiu não realizar esta melhoria de forma autônoma para o controle de alimentação de cana nas moendas.

### **3. ESTUDO DE CASO**

Devido à um estudo de caso já aplicado na empresa de bioenergia, a mesma sentiu a necessidade de atender um requisito do ministério do trabalho intitulado como NR-12. Esta norma define a segurança em máquinas e equipamentos de um ou mais processos, nos quais são definidas partes móveis que oferecem riscos a quem o utiliza. A área de centrifugação de vinho situada dentro da destilaria de álcool foi o setor estudado no qual foi aplicado este conceito. A centrifugação de vinho é necessária para realizar a separação do fermento proveniente da reação química das bactérias com água, ácido e caldo para preparação da destilação do álcool hidratado.

Estas centrífugas apresentam um motor elétrico que faz a rotação de um conjunto de pratos perfurados que com o princípio da força centrífuga tende separar resíduos com mais facilidade. Neste princípio, a centrífuga separa o vinho que se eleva separando-se da mesma e como o fermento é mais pesado se desloca a outra passagem destinado novamente ao processo de fermentação do mesmo setor (Figura 3).

**Figura 3.** – Uso de talha para movimentação de peças.



Fonte: Próprio autor (2018).

A participação do setor operacional foi fundamental na execução do levantamento de informações, no qual foi possível acompanhar as atividades de funcionamento e também de manutenção da máquina, assim definir as dificuldades de acesso e de uso das ferramentas para a execução do trabalho.

Considerando a segurança no funcionamento, a preocupação definiu-se ao acesso ao local, que é fechado, com controle de entrada com porteiros eletrônico e somente pessoas autorizadas e capacitadas podem acessar. A centrífuga tem somente o acesso do operador salvo acesso de mantenedores para correção de defeitos não possíveis pelo operador como o de eletricitistas e instrumentistas. Outro fator importante no levantamento das informações foi caracterizar a necessidade de implantar a NR-12 no equipamento, além disso, reforçar o uso de outras normas já praticadas pela empresa como a NR-10. Esta norma tem intuito de assegurar a integridade física do mantenedor no ato da manutenção ao evitar o acionamento acidental do equipamento com a movimentação do motor elétrico. Utilizando métodos de bloqueios de chaves de partida do motor elétrico (Figura 4) realizando o teste de energia zero e assinatura do eletricitista responsável pelo bloqueio elétrico na documentação de liberação do trabalho de forma segura ou mais conhecido no meio por Documento de Permissão de Trabalho Seguro (PTS).

**Figura 4.** Uso de etiqueta para identificação de bloqueio de partida elétrica.



Fonte: Próprio autor (2018).



Com o equipamento liberado para trabalho, inicia-se a manutenção da centrífuga com sua desmontagem para limpeza. Neste momento foi observada a dificuldade de acesso do operador em realizar suas atividades e utilização das ferramentas (Figura 5).

**Figura 5.** Operador sobre motor elétrico.



Fonte: Próprio autor (2018).

O foco da atividade foi levantar estas informações e descrever as mesmas no documento informado como manual de segurança para cada equipamento. Neste manual seguem todos os dados pertinentes sobre o que é o equipamento, mostrando suas características gerais, funcionamento e manutenção, os tipos de equipamentos de proteção individual ou coletivo a serem utilizados e forma de identificação com placa de informações do fabricante. A partir deste ponto para definir a ação necessária foi realizada a participação da empresa “Fundamento Consultoria Industrial”, empresa especialista para este tipo de trabalho para agilizar este conhecimento de campo coletando estes dados e ser preparado para utilização de demais ferramentas de pesquisa. Em aplicação da coleta de dados foi utilizado o QR Code para identificação do equipamento. Neste código foi definido um número interno de controle da empresa “Fundamento Consultoria Industrial” para elaboração do manual de segurança do mesmo (Figura 6).

**Figura 6.** Equipamento adesivado com QR Code.



Fonte: Próprio autor (2018).

Estes códigos foram adesivados na estrutura dos equipamentos para possibilitar a coleta de dados, garantindo que o mesmo já tenha sido verificado, com o número de controle do manual a ser desenvolvido, e os dados a seguir:

**Informações para folha de dados de equipamentos e máquinas:** Setor. Equipamento. Tag. Fabricante. Capacidade. Proteções Existentes. Tipo de Acionamento. Equipamentos de Proteção Individual/Coletivos Necessários para operação. Período de Utilização. Intervalo de Manutenção. Período de Manutenção. Ferramentas Utilizadas na Manutenção. Profissionais de Manutenção Necessários para Manutenção. Tipos de Bloqueios Necessários. Liberação de Manutenção/Trabalho do Equipamento.

Com a coleta de informações pertinentes ao equipamento analisado, estes dados foram inseridos junto ao cadastro do mesmo no sistema em que o setor de Segurança do Trabalho da empresa usa para determinar os riscos de operação e manutenção para o trabalhador envolvido nas atividades diárias. Como melhor forma de armazenamento e segurança dos dados os mesmos foram salvos em meio digital onde somente o pessoal da Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA) tem acesso.

De forma mais usual para os demais funcionários da empresa somente os Manuais de Segurança dos equipamentos da empresa foram impressos. Assim, no manual constam todas as informações necessárias para o trabalho, seguindo instruções de operação e manutenção de forma segura conforme as normas da empresa. O resultado proporcionou a criação do manual de segurança do equipamento investigado, que está arquivado no setor de segurança do trabalho da empresa, podendo ser utilizado por todos como consulta.

Na investigação da viabilidade, o estudo proporcionou um nível de aplicabilidade das informações de forma exponencial. Deste modo, foi realizado um novo projeto e sua aplicação tanto para atender a conformidade do ministério do trabalho quanto para colocar em prática a política da empresa estabelecendo como prioridade a segurança de seus colaboradores.

#### 4. CONCLUSÃO

Com o manual de segurança elaborado pode-se afirmar que os objetivos pretendidos foram alcançados podendo-se adotar sua utilização em demais seguimentos da indústria de modo geral e também áreas que

desejam assegurar a segurança de seus equipamentos e trabalhadores em sua utilização. A forma como o manual mostra ao operador o que deve ser feito em sua rotina de trabalho de forma segura, faz com que a empresa confirme seu investimento neste novo nicho, afirmando sua preocupação com colaboradores e respeitando a política global. As práticas do presente estudo demonstraram-se satisfatórias mesmo com duas, de três melhorias para adaptação à Indústria 4.0 sugeridas, negadas pela empresa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Portaria MTB n.3214, de 08 de junho de 1978**. NR-12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 06 de junho de 1978.

CNI. **Os desafios da indústria 4.0 no Brasil**. Brasília, 2016.

COSTA, L. S. **Big Data Estratégico**: Um Framework para Gestão Sistemática do Ecossistema Big Data. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Rio de Janeiro: COPPE UFRJ, 2016. Disponível em: <<http://www.producao.ufrj.br/index.php/br/teses-e-dissertacoes/teses-e-dissertacoes/mestrado/2016-1/225--194/file>>. Acesso em: 30 abr.2019.

COTRIM, Gilberto. **História Global**: Brasil e Geral. 1.ed. São Paulo, Ed. Saraiva, 2010.

CRUZ, C. **Indústria 4.0**: Muito além da Automação Industrial. Disponível em: <<https://blog.algartelem.com.br/tecnologia/industria-4-0-muito-alem-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

DREHER, A. **The Smart Factory of the Future – Part 1**. Belden News. Disponível em: <<http://www.belden.com/blog/industrialethernet/The-Smart-Factory-of-theFuture-Part1.cfm>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. Ed. Pearson, 2011.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, **Working Paper**, nº. 01, 2015.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELD, J. (Hrsg.): **Bericht der Promotorengruppe Kommunikation**. Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Forschungsunion, 2012.

LEE, E. A., SESHIA, S. A. Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach; 2. **MIT Press**, 2017.

LIMA, T. **O que é a NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e equipamentos (atualizado)**. 2018. Disponível em: <<https://www.sience.com.br/blog/o-que-e-nr-12/>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

PRASS, R. **Entenda o que são os 'QR Codes', códigos lidos pelos celulares**. 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/05/entenda-o-que-sao-os-qr-codes-codigos-lidos-pelos-celulares.html>. Acesso em: 30 abr. 2019.

PRESSER, M. **Internet das coisas**. Alexandra Institute, 2012.

- SANT'ANA, R.F. **Indústria 4.0 – Aplicado no setor de bioenergia**. 2017. 39 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – União das Faculdades dos Grandes Lagos, São José do Rio Preto, 2017.
- SCHLICK, J.; STEPHAN, P.; LOSKYLL, M.; LAPPE, D. **Industrie 4.0 in der Praktischen Anwendung**. In: Bauernhansl, 2014.
- SCHUH, G.; POTENTE, T.; THOMAS, C.; HEMPEL, T. **Short-term cyber-physical Production Management**. In: International Conference on Digital Enterprise Technology, 8, 2014.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. 1. Ed. Edipro, 2016.
- SILVEIRA, C. **O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo**, 2017. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- STAUFEN TÁKTICA. **Indústria 4.0 – A quarta Revolução Industrial**, 2017. Disponível em: <<http://www.staufen-taktica.com.br/pt/noticias/noticias/article/2017/07/industria-40-a-quarta-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- VENTURELLI, M. **Indústria 4.0: Uma Visão da Automação Industrial**. 2014. Disponível em: <<http://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- VENTURELLI, M. **Usina 4.0: A Quarta Revolução Industrial no Setor Bioenergético**. 2015. Disponível em: <http://www.automacaoindustrial.info/usina-4-0-a-quarta-revolucao-industrial-no-setor-bioenergetico/>; Acesso em: 30 abr.2019.