

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Centro de Engenharias - CEng**  
**Curso de Engenharia de Produção**



Trabalho de Conclusão de Curso

**TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS A SAÚDE E SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

Análise Sistemática quanto a Prevenção de Acidentes de Trabalho

**Caroline Martirena Monks da Silva**

Pelotas, 2020

**Caroline Martirena Monks da Silva**

**TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS A SAÚDE E SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

Análise Sistemática quanto a Prevenção de Acidentes de Trabalho

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Renata Heidtmann Bemvenuti

Pelotas, 2020

Caroline Martirena Monks da Silva

TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS A SAÚDE E SEGURANÇA DO  
TRABALHO  
Análise Sistemática quanto a Prevenção de Acidentes de Trabalho

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 16 de Dezembro de 2020.

Banca examinadora:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Heidtmann Bemvenuti (Orientadora)  
Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Federal de Rio Grande (FURG).

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aline Soares Pereira  
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Etiene Villela Marroni  
Doutora em Ciência Política e Política Internacional pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

**Este trabalho é dedicado a toda classe trabalhadora, que por muitas vezes é apenas considerada um recurso humano, sem que sejam levadas em conta a sua estrutura fisiológica, emocional e psíquica. Além disso, o mesmo é dedicado às estruturas organizacionais de empresas que já entendem que trabalho colaborativo significa uma estrada de mão dupla, se preocupando com os aspectos ocupacionais de forma, sim, a otimizar a produção e geração de lucros, mas também se preocupando e tendo reciprocidade com a condição humana.**

## Agradecimentos

Os agradecimentos especiais que faço neste trabalho são a todos àqueles que tiveram influência e apoio no período pré e durante graduação.

Aos meus pais Eugênio Monks e Jurema Martirena que me deram a vida, que me deram suporte e apoiaram os meus sonhos; à minha irmã Karen Martirena que sempre me cuidou, amou, escutou e esteve ao meu lado para tudo; ao meu sobrinho que me motivava e alegrava com a sua inocência de criança sem nem saber quanto isso me levantava em momentos difíceis.

À minha família como um todo; minha avó Iôni sempre preocupada e única, ao meu avô que se encontra no céu, João, o melhor avô do mundo e que me ensinou o principio de quê “o trabalho dignifica”. Aos meus tios, primos, cunhado e afilhadas que amo tanto e são tão importantes pra mim.

Gostaria de agradecer aos professores da graduação, com cada um pude ter experiências de aprendizados diversos que me agregaram profissionalmente! Muito obrigada às professoras que escolhi para banca, Aline Soares Pereira e Etiene Villela Marroni, e aos professores que me ouviram e apoiaram com mensagens construtivas quando precisei: Alejandro Martins e Luis Franz.

À professora Renata Heidtmann Bemvenuti, a minha gratidão eterna, não só pela eximia profissional e professora que é, me ajudando a construir esse lindo trabalho, mas por ser uma amiga que me incentivou, orientou, apoiou e ajudou de forma a que eu tivesse mais tranquilidade em vários sentidos, que esse seja só um de muitos trabalhos que iremos colaborar juntas.

Agradecimentos aos meus amigos que tornaram o caminho mais leve. Em especial, àquelas que foram fundamentais durante o período da graduação: Gabriela Venzke e Vitória Breda. Sem o apoio mútuo, amizade, companheirismo, suporte e energia de vocês, essa jornada se tornaria difícil, obrigada!

Por final, agradecer aos que estiveram comigo todos os dias durante esse período, meu companheiro de vida Álvaro Lopes e meus filhos *pets* (Polaco e Zoe): obrigada pela paciência, pela força, pelo cuidado e carinho, pelo amor dedicado, por todas as palavras e carinhos revigorantes, sem vocês esse percurso não teria sido tão lindo!

## Resumo

SILVA, Caroline Martirena Monks da. **Tecnologias da Indústria 4.0 Aplicadas a Saúde e Segurança do Trabalho**: Análise Sistemática quanto a Prevenção de Acidentes de Trabalho. Orientadora Profa. Dra. Renata Heidtmann Bemvenuti. 2020. 96f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Engenharia de Produção) - Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática sobre a utilização de conceitos da Indústria 4.0 aplicados à Saúde e Segurança do trabalho (SST) com a finalidade de prevenção de acidentes de trabalho. Diante da dinamização e modificação de processos industriais trazidos pelos conceitos abordados da denominada Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, e o impacto direto causado nos ambientes de trabalho, faz-se necessário o estudo e a análise do tema. De acordo com dados do Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho, de 2012 a 2018, o Brasil registrou 16.455 mortes e 4.5 milhões acidentes. Justamente entendendo o grande gargalo que esse tópico representa para a produtividade, economia e qualidade dentro das corporações, já existem abordagens usando destas tecnologias para bem estar laboral dos colaboradores. Desenvolver uma estratégia eficiente com relação à segurança do trabalho, minimização dos impactos dos acidentes e doenças ocupacionais, bem como preservar às áreas da saúde humana, são o foco de estratégias de segurança por meio de informações, uma área de estudo e análise por meio das tecnologias fomentadas na Indústria 4.0 (I4.0). A fim de mensurar como as corporações estão ambientadas frente a esta nova realidade, o projeto visou à elaboração de uma análise sistemática da literatura usando da metodologia *Methodi Ordinatio* sobre o tema bem como desenvolver Modelo de Avaliação do Nível de Maturidade das Tecnologias da I4.0 aplicados à SST. Consequentemente, este projeto levou ao conhecimento atual sobre modernidades que vêm sendo aplicadas quanto ao uso de dispositivos vestíveis, iteração com robôs colaborativos, uso de algoritmos de inteligência artificial e interligação de ambientes fabris à operadores saudáveis, contribuindo com a manutenção ou elevação da competitividade das indústrias brasileiras quanto à SST.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Saúde e Segurança do Trabalho. Análise Sistemática. Modelo de Maturidade.

## Abstract

SILVA, Caroline MartirenaMonksda.**Industry 4.0 TechnologiesApplied to Occupational Health and Safety: Systematic Analysis of Ocupacional Accident Prevention.** 2020.96p.Course Completion Work – Graduate Course in Production Engineering, CEng – Center of Engineering, University Federal of Pelotas, Pelotas, 2020.

The purpose of the work was to do a systematic review on the use of Industry 4.0 concepts related to Occupational Health and Safety based on work prevention. In view of the dynamism and modification of industrial processes brought about by the concepts of the so-called Fourth Industrial Revolution, or Industry 4.0, and the instantaneous direct impact on work environments, it is necessary to study and analyze the theme. According to data from the Digital Health and Safety at Work Observatory, from 2012 to 2018, Brazil recorded 16,455 deaths and 4.5 million accidents. Still according to the National Association of Occupational Medicine (ANAMT), one of the segments that most register accidents is the Civil Construction sector, being ranked as the first in Brazil in permanent disability, the second in number of deaths and the fifth in removal with more fifteen days. Precisely understanding the great bottleneck that this topic represents for productivity, economy and quality within corporations, there are already approaches using these technologies to be employees' work. Developing an efficient strategy with regard to occupational safety, minimizing the impacts of accidents and occupational diseases, as well as preserving the areas of human health, are the focus of safety through information, an area of study and analysis through information technologies fostered in Industry 4. In order to measure how the corporations are acclimated to this new reality, the project aimed to develop a systematic analysis of the literature using the MethodiOrdinatio methodology on the topic as well as to develop an I4.0 Technology Maturity Level Assessment Model. to SST. Consequently, this project led to the current knowledge about the modernity that apply being applied in companies from abroad and, therefore, contributes to the maintenance or elevation of the Brazilian industry.

Keywords: Industry 4.0. Occupational Health and Safety.Systematic Analyses.Maturity Model.

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	10
2	Objetivos .....	12
2.1	Objetivo Geral .....	12
2.2	Objetivos Específicos .....	12
3	Justificativa .....	13
4	Limitações .....	14
5	Revisão da Literatura .....	15
5.1	Segurança e Saúde no Trabalho (SST) .....	15
5.2	Acidentes de Trabalho.....	16
5.2.1	Custos de Acidentes de Trabalho .....	21
5.3	Riscos Ocupacionais.....	24
5.3.1	Prevenção e Controle de Riscos Ocupacionais .....	26
5.4	Revoluções Industriais .....	28
5.4.1	Indústria 4.0 e suas aplicações na SST .....	30
5.4.1.1	Robótica Avançada/Robô Colaborativo.....	32
5.4.1.2	Internet of Things (IoT - internet das coisas).....	33
5.4.1.3	Artificial Intelligence (IA - Inteligência Artificial): .....	34
5.4.1.4	Big Data.....	35
5.4.1.5	Simulação/Realidade Aumentada .....	35
5.4.2	Impacto das tecnologias 4.0 na SST.....	36
5.5	Nível de Maturidade da Indústria 4.0.....	36
5.6	Revisão Sistemática da Literatura (RSL).....	38
5.6.1	Metodologias de RSL .....	39
6	Metodologia.....	43
6.1	Methodi Ordinatio .....	44
6.2	Modelo de maturidade do uso de tecnologias da I4.0 em SST .....	46
7	Análise de Dados e Discussão dos Resultados .....	49
7.1	Aplicação do Methodi Ordinatio.....	49
7.1.1	Aspectos Gerais dos Artigos .....	53
7.1.2	SST no domínio da Indústria 4.0 .....	59
7.1.3	Dispositivos Vestíveis – uma opção aos EPIs.....	59
7.1.4	Robôs Colaborativos e ambientes de trabalho.....	62
7.1.5	Tecnologias da I4.0 aplicadas à prevenção de acidentes e doenças ocupacionais. ....	64
7.1.6	Sistema de Segurança 4.0 .....	66



7.1.7Desafios da I4.0 na SST.....	69
7.2Desenvolvimento do Modelo de Avaliação do Nível Maturidade das Tecnologias da I4.0 aplicados à SST .....	70
7.2.1Elaboração do Modelo de Avaliação .....	71
7.2.2Tentativas de Aplicação e Validação do Modelo .....	72
8Considerações Finais.....	74
APÊNDICE A – Questionário para Avaliação do Nível de Maturidade quanto a Aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na Saúde e Segurança do Trabalho.....	85
APÊNDICE B – Resultados da aplicação Methodi Ordinatio .....	93

## 1 Introdução

Ao longo da história moderna passamos por vários estágios considerados grandes revoluções industriais, que trouxeram à sociedade e à economia de cada época novos olhares e tendências sobre o uso de recursos, tecnologias e principalmente, sobre as relações de trabalho e suas perspectivas quanto à saúde e segurança do trabalhador (CAVALCANTI; SILVA, 2011; TESSARINI JR.; SALTORATO, 2018).

Segundo Tessarini Jr. e Saltorato (2018) o homem e a sua relação de trabalho, assim como nas revoluções anteriores, é condicionado a um coadjuvante em meio às inovações que podem afetar a sua vida e o seu emprego.

Na sociedade, há uma mudança de paradigma em curso no modo como trabalhamos e nos comunicamos (SCHWAB, 2016), denominada Quarta Revolução Industrial, que pode ser caracterizada pelo uso de processos que utilizam máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica (CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2017).

As inovações trazidas pelos conceitos da Indústria 4.0, que se baseiam na combinação de tecnologias aplicadas ao processo produtivo tem como princípios básicos os conceitos de *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IoT), *Internet of Services* (IoS), robótica avançada, inteligência artificial, *Big Data*, nanomateriais e nanosensores (SCHWAB, 2016; CNI, 2016).

Estas tecnologias serão importantes para os processos produtivos, e por outro lado, podem ser replicados junto aos processos de gestão ocupacional trazendo uma possibilidade de modificação dos elevados números de acidentes e afastamentos de trabalho (ASLAN, 2019).

Sabendo dos grandes impactos e modificações advindas do surgimento da Indústria 4.0, este estudo visa analisar a atualização, modificação e maneira de olhar os programas e metodologias aplicadas à SST, onde o trabalho prático, aplicado e simultâneo trará aos conceitos de saúde ocupacional uma otimização.

Ainda conforme Aslan (2019), uma cultura bem estabelecida de prevenção de acidentes pode ser desenvolvida com ajuda da Indústria 4.0.

Os robôs já são utilizados, por exemplo, em tarefas repetitivas e monótonas, no tratamento de material radioativo ou em locais com atmosfera explosiva. No futuro, muitas outras tarefas altamente repetitivas, arriscadas ou desagradáveis serão realizadas por robôs numa variedade de setores, como a agricultura, construção, transporte, saúde, combate a incêndios ou serviços de limpeza (VEIGA; PIRES, 2018, p. 50).

Sendo assim, este trabalho torna-se de grande relevância, pois pretendeu-se realizar um levantamento de tecnologias aplicadas na prevenção de acidentes, além de elaborar um modelo para avaliar a maturidade do uso das tecnologias da Indústria 4.0 em Segurança e Saúde do Trabalho.

A estrutura do trabalho conta com oito elementos textuais: introdução, objetivos, justificativa, limitações, revisão da literatura, metodologia, análise de resultados e considerações finais.

## **2 Objetivos**

Serão abordados a seguir os objetivos do presente trabalho.

### **2.1 Objetivo Geral**

Identificar tecnologias utilizadas para prevenir acidentes de trabalho usando conceitos e princípios da Indústria 4.0 através de uma revisão sistemática da literatura.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Aplicar a metodologia *Methodi Ordinatio* para a revisão sistemática;

Selecionar um modelo para avaliar a maturidade do uso destas tecnologias em Segurança e Saúde do Trabalho;

Elaborar ferramenta de medição e validar o modelo proposto.

### **3 Justificativa**

O presente projeto justifica-se devido à necessidade de reavaliação das metodologias de prevenção e redução de acidentes de trabalho tendo em vista os altos índices de acidentes, afastamentos e até morte devido ao trabalho. Estes tópicos vêm sendo muito discutido pelos especialistas da área da Saúde e Segurança. Inclusive este foi o tema da Campanha Nacional de Prevenção de Acidentes do Trabalho de 2019 (CANPAT), promovida pelo Ministério da Economia, que hoje incorpora a Secretaria do Trabalho.

A gestão dos riscos ocupacionais deve ser repensada, reavaliada e renovada, pois são nítidos os resultados negativos que ainda persistem com a gestão burocrática e corretiva de SST em vigência, gerando impactos econômicos para as corporações e para o País. Além disso, há também o prejuízo quanto à vida e bem estar dos colaboradores, que por vezes, têm danos irreversíveis (MORAES, 2013; TRIVELATO, 2014).

Dado o advento das novas tecnologias, aumentam as possibilidades existentes para uma gestão efetiva, prática, simultânea e preventiva quanto a SST.

O tema do projeto é de suma importância para a verificação das mudanças que já estão sendo realizadas neste campo de atuação, disseminando formas de tornar as empresas brasileiras mais competitivas abordando questões inovadoras em âmbito nacional, possibilitando uma mudança de paradigma e realidade quanto a maneira de se fazer Segurança.

#### **4 Limitações**

Um ponto limitador deste trabalho é quanto às tecnologias usadas na prevenção de acidentes. As propostas sugeridas emergem da possibilidade de aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 (I4.0) à Saúde e Segurança do Trabalho (SST), no entanto o estudo não visa tratar e apresentar planejamentos da aplicação nos ambientes de trabalho, e sem sim sugerir propostas de modificação e aplicação das tecnologias para a prevenção de situações ocupacionais, abrindo oportunidades para estudos futuros.

Outro limitador deste projeto se encontra na aplicação do modelo proposto quanto a Avaliação do Nível de Maturidade do uso das tecnologias I4.0 à SST. Foi averiguada a aplicabilidade do modelo em apenas um setor, o de construção civil, por ser considerado um setor chave devido a realizações de tarefas inseguras e atitudes inseguras dos funcionários (PINTO *et al.*, 2016). Sugere-se em estudos futuros a aplicação e validação do modelo proposto em diferentes setores.

## 5 Revisão da Literatura

Para fins de maior elucidação quanto aos conteúdos abordados no estudo, foi feito uma revisão na literatura quanto aos tópicos pertinentes.

O mesmo se dividiu da seguinte forma: conceitos e dados da Segurança Saúde no Trabalho; conceitos da Indústria 4.0 e a vinculação com a SST; modelos de maturidade vinculados à Indústria 4.0 e por fim, explicação e vantagens sobre a abordagem da revisão sistemática bem como seus passos para sua execução, segundo a literatura.

### 5.1 Segurança e Saúde no Trabalho (SST)

Segundo a visão de Pinto *et al.* (2016), podemos considerar que a segurança e saúde no trabalho (SST) trata de normas técnicas, educacionais, médicas e psicológicas com a utilidade e a pretensão de minimizar acidentes, possibilitando eliminar as situações inseguras dos ambientes, e, consecutivamente, demonstrando às pessoas a maneira correta de práticas preventivas e atos seguros.

Ainda Lago (2006) reforça que a SST é a parte da engenharia que trata de reconhecer, avaliar e controlar as condições, atos e fatores humanos de insegurança nos ambientes de trabalho, com o intuito de evitar acidentes com danos materiais e principalmente à saúde do trabalhador.

A Organização Internacional do Trabalho (OIT), no preâmbulo de sua Constituição afirma que um dos elementos fundamentais da justiça social é a proteção dos trabalhadores contra as doenças gerais e/ou causadas pelo trabalho além da prevenção contra acidentes com essa origem (*INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION*, 1972).

Os programas de SST são de suma importância, pois condições de trabalho e fatores afetam – ou podem afetar – a segurança e a saúde de funcionários ou de outros trabalhadores (incluindo trabalhadores temporários e terceirizados), visitantes ou qualquer outra pessoa no local de trabalho (ISO 45001).

Um processo produtivo no qual existem programas, metodologias e colaboradores preparados dentro dos conceitos de Saúde e Segurança no Trabalho, possui, em geral, um resultado muito efetivo quanto a questão de qualidade e

confiabilidade no que diz respeito ao tema, afinal, como nos pondera Lago (2006, p. 03), “para atender à meta traçada, a produção não pode ser surpreendida com nenhum resultado indesejado, como os acidentes”.

## 5.2 Acidentes de Trabalho

Apesar das definições esclarecedoras sobre a SST e sua função social, dentro do processo produtivo e, até como área da ciência, a conceituação dos termos acidente de trabalho/doença do trabalho podem divergir. Segundo a Lei de Benefícios da Previdência Social (Lei 8.213, de 24 de Julho de 1991), redação dos artigos 19 e 20 temos:

Art. 19. Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

(...)

Art. 20. Consideram-se acidente do trabalho, nos termos do artigo anterior, as seguintes entidades mórbidas: I - doença profissional, assim entendida a produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar a determinada atividade e constante da respectiva relação elaborada pelo Ministério do Trabalho e da Previdência Social; II - doença do trabalho, assim entendida a adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relacione diretamente, constante da relação mencionada no inciso I.

No entanto segundo explanado pelo Ministério da Saúde no documento Política Nacional de Saúde do Trabalhador (2004, p. 122):

Acidente de trabalho é o evento súbito ocorrido no exercício de atividade laboral, independentemente da situação empregatícia e previdenciária do trabalhador acidentado, e que acarreta dano à saúde, potencial ou imediato, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que causa direta ou indiretamente (com causa) a morte, ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

Acidente de trabalho “é definido como algum evento não desejável que suspende, de forma inesperada ou progressiva, o transcorrer normal de alguma atividade” (PINTO *et al.*, 2016, p. 03).

Ainda segundo o Ministério da Saúde em seu documento de - Normas e Manuais Técnicos: Saúde do Trabalhador - Protocolos de Complexidade Diferenciada (2006, p. 07) ele cita que:

Acrescentamos, ainda, nossa não concordância com a concepção de que determinados riscos são inerentes às atividades laborais, quando se



discutem os acidentes de trabalho. O conceito de risco “inerente” traz consigo a ideia, amplamente difundida, da necessária presença de fatores de risco, considerados inseparáveis de determinadas atividades de trabalho. Consideramos que estes fatores existem por determinantes outros que não a impossibilidade técnica de sua eliminação ou controle.

Apesar das divergências quanto à conceituação e quanto ao que se enquadra na caracterização de acidentes e doenças do trabalho, o que não gera dúvidas são os altos e alarmantes índices de acidentes e doenças ocupacionais. Conforme a OIT, a cada 15 segundos, morre um/a trabalhador/a em virtude de um acidente de trabalho ou de doença relacionada com a sua atividade profissional e 313 milhões de trabalhadores e trabalhadoras sofrem lesões profissionais não fatais todos os anos, ou seja, 860.000 pessoas feridas no trabalho todos os dias (*INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION*, 2018).

O Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho é uma iniciativa que tem como objetivo facilitar o acesso às estatísticas que antes se encontravam em bancos de dados governamentais dispersos, permitindo um acompanhamento e visualização mais efetivo ajudando na tomada de decisão por evidência em prevenção de acidentes e doenças no trabalho, contando com o registro de 5.570 municípios a nível nacional (*OBSERVATÓRIO DIGITAL SST*, 2018).

Segundo os dados e análises estatísticas disponibilizados pelo Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho (2018), entre 2012 e 2018 temos os seguintes dados no Brasil:

- Mais de 4,5 milhões de acidentes de trabalho com trabalhadores de carteira assinada notificados. A expectativa é que até a próxima atualização dos dados (ocorrerá ainda em 2020) esse número se projete para mais de 5,4 milhões - 1 notificação a cada 49 segundos;
- 16.455 acidentes resultando morte. A projeção na mesma expectativa temporal é que esses números cheguem a 20.069 - aproximadamente uma morte a cada 3 horas;
- Mais de 351,7 milhões de dias de trabalho perdidos com afastamentos acidentários (somatório de todos os dias que as pessoas não trabalharam em virtude de afastamentos previdenciários acidentários. Somaram-se todos os dias de afastamento individualmente ocorridos – muitos ao mesmo tempo. Trata-se de métrica usual para medir por aproximação (*proxy*) os prejuízos de produtividade na economia

formal). A projeção é para que esse número se aproxime de 429 milhões de dias na próxima atualização;

- Mais de 3 milhões notificações no Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN) que incluem os trabalhadores atendidos pelo SUS (Sistema Único de Saúde) durante este período. São notificações de casos de doenças e agravos da lista nacional de doenças de notificação compulsória (Portaria MS nº 4/2017). Doenças essas monitoradas como acidente de trabalho grave, câncer relacionado ao trabalho, dermatoses ocupacionais, acidente de trabalho com exposição a material biológico, intoxicação exógena relacionada ao trabalho, LER/DORT, perda auditiva induzida por ruído (PAIR), pneumoconioses relacionadas ao trabalho, transtornos mentais relacionados ao trabalho e acidente de trabalho grave envolvendo crianças e adolescentes (0 a 17 anos).

Além disso, o Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho (2018) também nos informa que, entre 2012 e 2018, os setores econômicos com mais comunicação de acidente são:

1. Atividades de atendimento hospitalar (378.305);
2. Comércio varejista de mercadorias em geral, com predominância de produtos alimentícios - hipermercados e supermercados (142.909);
3. Administração pública em geral (119.273);
4. Construção de edifícios (104.646);
5. Transporte rodoviário de carga (100.344).

Cabe salientar que esses são os setores que mais comunicam por meio de notificação e registro de CAT (Comunicação de Acidente de Trabalho) e/ou NTEP (Nexos Técnicos Epidemiológicos Previdenciários) - não necessariamente são os setores com maior número de acidentes/doenças de trabalho, pois existe uma subnotificação muito grande no Brasil, principalmente em relação aos acidentes com duração do absenteísmo inferior a dezesseis dias consecutivos (ALMEIDA; BRANCO, 2011).

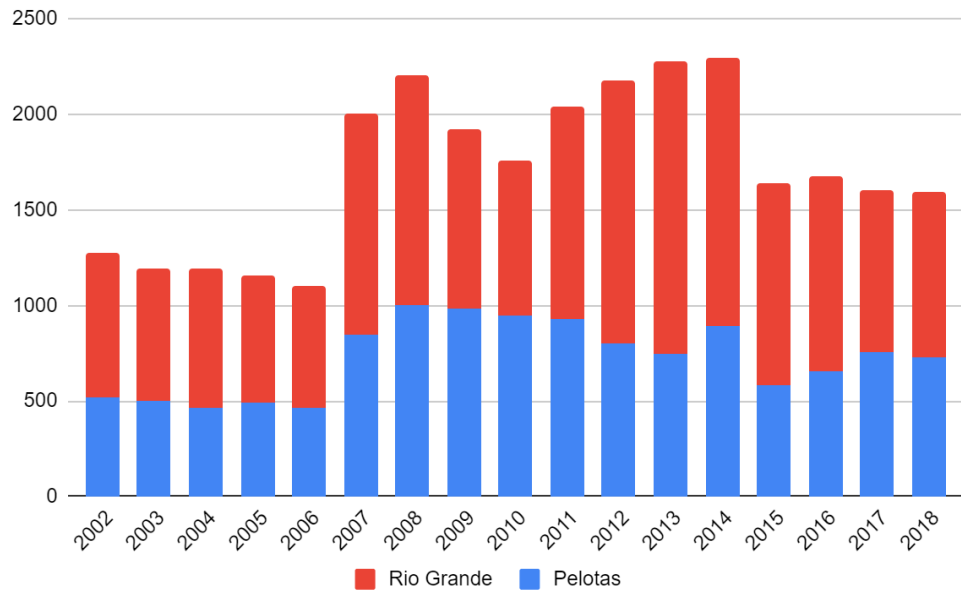
Ainda existe uma diferenciação muito grande com relação a subnotificação nos países e o seu envolvimento com as relações de trabalho. Análise disto é que países da Europa, Estados Unidos, Canadá, Japão, Austrália e Nova Zelândia têm

um percentual de notificação de acidentes de trabalho de 62,0%; na América Latina e Caribe, o percentual diminuiu para 7,6%; já nos países da África Subsaariana e do Oriente Médio, na Índia e na China, as notificações estão abaixo de 1,0%. A Organização Internacional do Trabalho estima que mesmo assim, considera-se que apenas 3,9% dos acidentes de trabalho são notificados no mundo (ALMEIDA; BRANCO, 2011; HÄMÄLÄINEN; TAKALA; SAARELA, 2006).

No Rio Grande do Sul, segundo o Observatório Digital de SST, no ano de 2018 foram registrados 51,8 mil acidentes de (8% do total nacional) sendo ranqueado como o quarto lugar dentre as Unidades da Federação com maior número de notificações. Porto Alegre, é o quinto município com maior afastamento acidentário (causado por acidente/doença ocupacional) com um total de 17.984 afastamentos.

Ainda a fim de explanar um pouco mais sobre a nossa micro região, comparando o município de Pelotas (RS) e Rio Grande (RS) pelos dados fornecidos pelo Observatório Digital de SST (2018), temos que, apesar de Rio Grande ter 131,6 mil habitantes a menos que Pelotas (IBGE, 2018), entre os períodos de 2000 a 2018, Rio Grande possui aproximadamente 19,39% a mais de notificação de acidentes de trabalho por CAT. A seguir seguem dois gráficos comparativos dos municípios em Figura 1 e Figura 2.

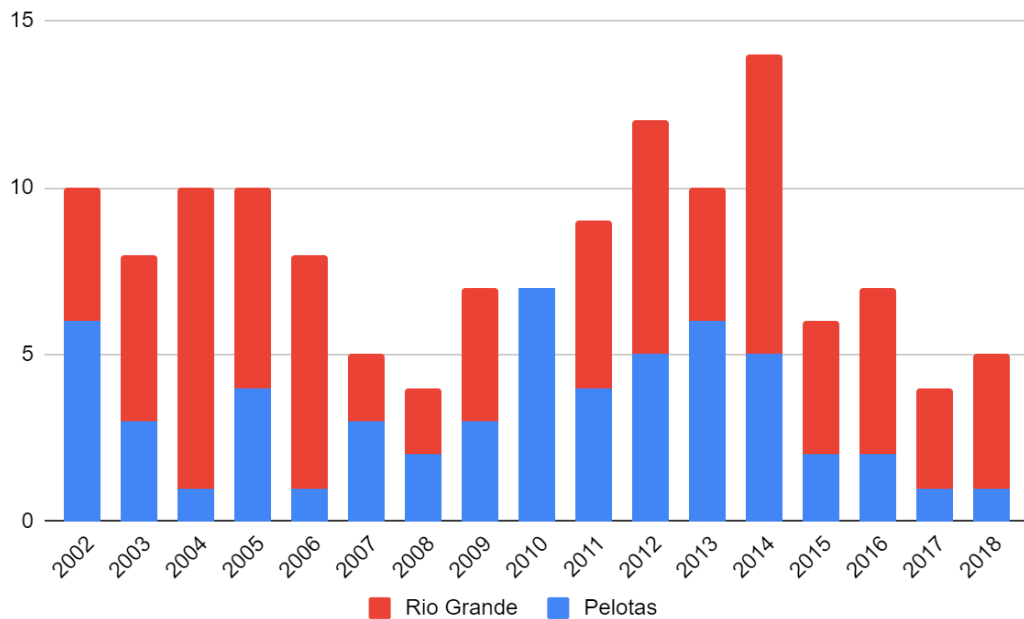
Figura 1: Série Histórica Comparativa dos Acidentes de Trabalho (CAT) -  
Número de Acidentes (CAT) x Ano de Registro:



Fo

nte: Autor (2020) baseado nos dados do Observatório Digital de SST (2018).

Figura 2: Série Histórica Comparativa das Mortes por Acidentes de Trabalho (CAT) - Número de Mortes (CAT) x Ano de Registro:



Fonte: Autor (2020) baseado nos dados do Observatório Digital de SST (2018).

Os dados são tão preocupantes que em 2019 a CANPAT (Campanha Nacional de Prevenção de Acidentes do Trabalho) teve como tema “O Brasil contra acidentes e doenças do trabalho” com o objetivo geral de implementar uma cultura de prevenção de acidentes do trabalho em nosso País, despertando a consciência da população para os danos que tais eventos causam em nossa sociedade, e reforçou com a *hashtag* de marketing “chega de acidente” (ENIT, 2019).

Os dados na prática ainda podem ser maiores devido a subnotificação e um dos caracteres que podem ser responsáveis por isso é o enquadramento errado do afastamento. Devido a não emissão da CAT, muitos afastamentos e acidentes/doenças ocupacionais podem acabar se enquadrando como afastamento com “Auxílio Doença Previdenciário” e não “Auxílio Doença Acidentário”, esse enquadramento errado caracteriza em benefícios para a empresa como podemos verificar no Quadro 1 sobre a diferença de ambos conforme o INSS (2017).

Quadro 1: Comparação do Auxílio Doença Previdenciário e Acidentário					
Tipo	Categoria do trabalhador	Quando pedir o benefício ao INSS	Carência (tempo trabalhado exigido)	Estabilidade no Emprego	FGTS durante recebimento do Auxílio-doença
Previdenciário	Segurado Empregado (urbano/rural)	Após 15 dias de afastamento (podendo ser 15 dias intercalados dentro do prazo de 60 dias)	12 meses – exceto para doenças específicas (ver página sobre carência)	Não há	Empresa não é obrigada a depositar
	Segurado Empregado Doméstico, Trabalhador Avulso, Contribuinte Individual, Facultativo, Segurado Especial	No momento em que se incapacitar			
Acidentário	Empregado vinculado a uma empresa e o Empregado Doméstico (a partir de junho/2015)	Deverá estar afastado do trabalho há pelo menos 15 dias (podendo ser 15 dias intercalados dentro do prazo de 60 dias)	Isento	Por período de 12 meses após retorno ao trabalho	Empresa é obrigada a depositar

Fonte: Site do INSS (2017).

### 5.2.1 Custos de Acidentes de Trabalho

Os acidentes/doenças de trabalho têm um grande peso dentro da máquina produtiva e da sociedade como um todo, não somente relacionada aos danos e perdas vinculados ao fator humano, mas também quanto isso pode representar em termos de custos tanto para as empresas quanto para o Estado como um todo. Sinal disso é que uma fatia representativa dos gastos previdenciários no Brasil é decorrente dos acidentes de trabalho e aposentadorias por invalidez (PINTO *et al.*, 2016; SOMMA, 2015).

Mesmo levando em conta a questão das subnotificações, os valores quanto aos custos relacionados a acidentes de trabalho também são grandes. De acordo com as informações trazidas também pelo Observatório Digital de SST (2018), de 2012 a 2018 (considerando somente as concessões dadas neste intervalo) o valor ultrapassa a casa dos 26 bilhões de reais e se levar em conta os gastos dos benefícios que tiveram inícios em anos anteriores, isso chega a 79 bilhões, ou seja, R\$1,00 a cada 02 milissegundos. A projeção até a próxima estimativa é ainda maior, podendo ultrapassar 96 bilhões gastos com afastamentos acidentários.

Ainda existem estimativas da OIT (2018) de que em torno de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) de um país seja perdido devido a acidentes e doenças ocupacionais, trazendo essa estimativa para os dias atuais. Segundo o IBGE (2019) o PIB do Brasil em 2019 foi de 7,3 trilhões de reais o que incide que nesse período pode-se ter uma perda de 2,9 bilhões de reais devido a essas situações ocupacionais.

E quem é que paga essa conta? Os gastos relativos a acidentes/doenças ocupacionais podem ser divididos em diretos e indiretos. Em grande parte os valores diretos são custeados pela Previdência Social por meio do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), no entanto as empresas também são responsáveis por arcar com custos, conforme determina o artigo 120 da Lei nº 8.213/91 ao qual comenta que as empresas serão punidas com indenizações "nos casos de negligência quanto às normas, padrão de segurança e higiene do trabalho indicados para a proteção individual e coletiva, a Previdência Social proporá ação regressiva contra os responsáveis" (SANTANA *et al.*, 2006; SOARES, 2008).

A conceituação trazida por Almeida e Branco (2011, p. 196) é que esses custos diretos são aqueles que "podem ser considerados com relação de consequência direta com o acidente e de fácil percepção, como assistência à saúde,

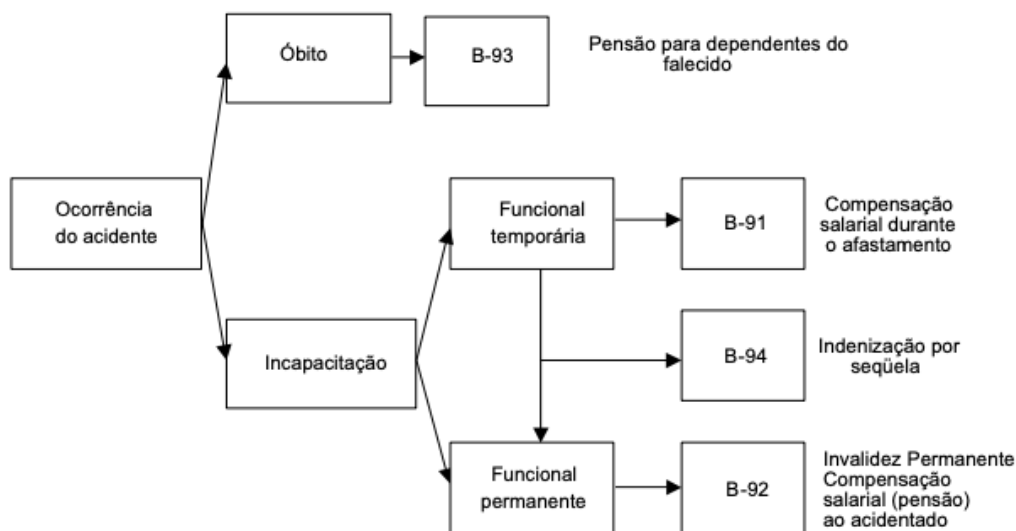
pagamento de benefícios previdenciários (auxílio-doença, aposentadoria por invalidez e pensão por morte), entre outros”.

Já a conceituação de custos indiretos proveniente de acidentes de trabalho trazida por Soares (2008, p. 35) é que os mesmos são “os não facilmente computáveis, tais como os resultantes da interrupção do trabalho, do afastamento do empregado de sua ocupação habitual, de danos causados a equipamentos e materiais, da perturbação do trabalho normal e de atividades e assistências não seguradas”.

Almeida e Branco (2011) também contribuem ilustrando que a forma de visibilidades dos custos de acidentes de trabalho (relação entre custos diretos e indiretos) se assemelha a figura de um iceberg onde a parte visível do mesmo estaria relacionada aos valores diretos e a invisível (geralmente de tamanho maior) aos indiretos, e ainda coloca que “há outros custos de difícil percepção que estão relacionados à perda da qualidade de vida” (ALMEIDA; BRANCO, 2011, p.196).

Quanto aos custos diretos, além dos valores segurados (pagos pelo empregador à Previdência Social), existe uma relação dos valores pagos pelo Estado e estes são demonstrado por um diagrama de desfechos possíveis de um acidente de trabalho e os respectivos tipos de benefício da Previdência Social elaborado por Santana *et al.* (2006), conforme exposto a seguir:

Figura 3: Desfechos dos acidentes de trabalho e correspondência com os tipos de benefícios da Previdência Social no Brasil.



Fonte: Santana *et al.* (2006)

Com relação ao levantamento dos custos indiretos Soares (2008, p. 35) apresenta os seguintes elementos que devem ser levados em consideração com os custos ocasionados do acidente de trabalho:

- Despesas com reparo ou substituição de máquina, equipamento ou material avariado;
- Despesas com serviços assistenciais não segurados;
- Pagamento de horas extras em decorrência do acidente;
- Despesas jurídicas;
- Complementação salarial ao empregado acidentado;
- Prejuízo decorrente da queda de produção pela interrupção do funcionamento da máquina ou da operação de que estava incumbido o acidentado, ou da impressão que o acidentado causa aos companheiros de trabalho;
- Desperdício de material ou produção fora de especificação em virtude da emoção causada pelo acidente;
- Redução da produção pela baixa do rendimento do acidentado durante certo tempo após o regresso ao trabalho;
- Horas de trabalho despendidas pelos supervisores e por outras pessoas:
  - na ajuda ao acidentado;
  - na investigação das causas do acidente;
  - em providências para que o trabalho do acidentado continue a ser executado;
  - na seleção e preparo de novo empregado;
  - na assistência jurídica;
  - na assistência médica para os socorros de urgência;
  - no transporte do acidentado.

Através da exposição dos custos se tem a percepção nítida de que o Estado banca uma falta de política mais efetiva quanto à prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, e por outro lado, as empresas deixam de ser tão produtivas e rentáveis quando esses eventos ocorrem. Por vezes as empresas acreditam que restringindo investimentos em SST irão gerar economias, quando na verdade medidas preventivas geram mais competitividade e lucro por meio de uma visão contínua de melhoria nos aspectos de Saúde e Segurança Ocupacionais (LAGO, 2006; PONTAROLO; XAVIER; MICHALOSKI, 2018).

### **5.3 Riscos Ocupacionais**

Risco ocupacional, em sua origem, é a visão das possibilidades iminentes de acidentes de trabalho em decorrência do ambiente físico, máquinas, equipamentos, particularidades do processo produtivo e fisiologia do trabalho, ou seja, todo e qualquer elemento que possa eventualmente causar dano físico e/ou psicológico ao



trabalhador durante o labor causando doença e/ou acidente de trabalho (NASCIMENTO; VIEIRA; CUNHA, 2010).

De um ponto de vista mais macro, os riscos ocupacionais podem se dividir em riscos operacionais (de acidente), ambientais (físicos, químicos, biológicos) e ergonômicos (BRASIL, 1995).

Existem Normas Regulamentadoras (NR) que discorrem sobre alguns destes riscos a fim de trazer contingências e regulamentar métodos preventivos.

A NR n° 09, trata sobre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) discorrendo sobre os agentes físicos (ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom), químicos (substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão) e biológicos (bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros) existentes no ambiente de trabalho “em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, capazes de causar danos à saúde do trabalhador” (BRASIL, 1978, p. 02).

Já a NR n° 17 trata sobre a Ergonomia onde “visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente” (BRASIL, 1990, p. 01). Esta Norma discorre sobre as maneiras preventivas relacionadas ao transporte, levantamento e descarga de materiais, mobiliários e equipamentos, condições ambientais e organização do trabalho (BRASIL, 1990).

Os procedimentos e classificações de acidentes de trabalho são tratados na Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 14280 de Fevereiro de 2001. Nesta NBR há a diferenciação e conceituação dos tipos de acidentes de trabalho, definição das fontes e causas de acidentes, tratativas sobre as doenças e lesões de trabalho, bem como abrange a exposição de cálculos referente à exposição de risco, avaliação e frequência de gravidade, além de instruções de preenchimento de CATs e outros (ABNT, 2001).

### 5.3.1 Prevenção e Controle de Riscos Ocupacionais

Quando se fala em erro humano, geralmente se refere a uma desatenção ou negligência do trabalhador. Para que essa desatenção ou negligência resulte em acidente, deve haver uma série de decisões que criaram as condições para tal acontecimento. O erro humano resulta das interações homem-trabalho ou homem-ambiente, que não atendam a determinados padrões esperados. Contudo, com base nos programas propostos pela Segurança no Trabalho, tais acidentes poderão ser reduzidos ou até mesmo, eliminados. (SILVA, 2015, p. 02).

O que interage com a citação feita por Silva (2015) e que também é um dos conceitos dentro da Engenharia de Produção é o *poka yoke*, que é um termo cunhado para “dispositivos a prova de erros” e que se destina a evitar ocorrência de defeitos/mal-uso em processos de fabricação a partir do princípio de não custo (SHINGO, 1996).

Hoje temos alguns dispositivos para evitar os acidentes/doenças do trabalho que são o enfoque principal do estudo da área de Engenharia e Medicina do Trabalho que estão se atualizando a fim de minimizar os números de acidentes.

Recentemente tivemos alteração na Norma Regulamentadora nº 01, que entrará em vigor um ano após a sua publicação no Diário Oficial da União, que foi em março de 2020. Essa norma inclui aspectos de gerenciamento de riscos ocupacionais de forma articulada com as revisões da NR 7 (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional), NR 9 (Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos) e NR 17 (Ergonomia). Em suma, essas modificações dizem respeito a substituição do antigo PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) que tinha um enfoque nos riscos físicos, químicos e biológicos para o PGR (Programa de Gerenciamento de Riscos) onde além dos anteriores agregará os riscos ergonômicos e de acidentes (FUNDACENTRO, 2020).

Também a Portaria nº 3.733, de 10 de Fevereiro de 2020 aprovou uma nova redação da Norma Regulamentadora nº 18, que se refere a Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção. Uma das modificações importantes foi quanto a substituição do PCMAT (Programa de Condição e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da Construção):

#### 18.4 Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR)

18.4.1 São obrigatórias a elaboração e a implementação do PGR nos canteiros de obras, contemplando os riscos ocupacionais e suas respectivas medidas de prevenção.

(...)

18.17 Disposições transitórias

18.17.1 O Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho da indústria da construção (PCMAT) existente antes da entrada em vigência desta Norma terá validade até o término da obra a que se refere.

Não tão recente, porém útil e relevante dentro do setor da construção civil e outros com grandes riscos de acidentes, em 2010 foi implantado o FAP (Fator Acidentário de Prevenção) que é

um sistema *bonus x malus*, no qual a alíquota de contribuição de um, dois ou três por cento, destinada ao financiamento do benefício de aposentadoria especial ou daqueles concedidos em razão do grau de incidência de incapacidade laborativa decorrente dos Riscos Ambientais do Trabalho (RAT), poderá ser reduzida, em até cinquenta por cento, ou aumentada, em até cem por cento, conforme dispuser o regulamento, em razão do desempenho da empresa em relação à respectiva atividade econômica, apurado em conformidade com os resultados obtidos a partir dos índices de frequência, gravidade e custo, calculados segundo metodologia aprovada pelo Conselho Nacional de Previdência Social (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2015, p. 01).

Outras duas grandes modificações atuais ocorreram por meio da “Reforma Trabalhista” e “Reforma da Previdência”, consecutivamente pelo Projeto de Lei (PL) 6.787/2016 e Proposta de Emenda à Constituição 06/2019.

No que diz respeito à SST, considera-se que a Reforma Trabalhista trouxe alguns pontos de modificação que se deve ficar atento, como a questão do incentivo à terceirização - índice de 70% a 80% de acidentes de trabalho com colaboradores do setor terceirizado (BELCHIOR, 2018). Além da falta de definições claras sobre a CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) dentro dos novos redimensionamentos interligados à terceirização; a flexibilização da jornada de trabalho e trabalhador descontínuo - como conseguir dar a devida assistência e o devido monitoramento para esses casos; e o mais discutido é a questão dos artigos 611-A e 611-B da PL Trabalhista, que geraram conflitos de interpretação devido a contradição quanto à possibilidade ou não de negociar o enquadramento do grau de insalubridade, o que pode ser muito perigoso (OLIVER, 2018).

Na Reforma da Previdência, o que chama a atenção vinculado à SST é no item de Aposentadoria Especial (colaboradores possuem o tempo de contribuição reduzido em função do ambiente de trabalho perigoso, insalubre ou penoso), além

do cálculo para definição do valor ter sido alterado de forma que o valor pago será menor entra em vigor um esquema de pontos que dificulta a aposentadoria (INSS, 2019).

Vemos alguns aspectos de mudanças no campo burocrático, no entanto se as mesmas irão ser benéficas no controle e prevenção dos acidentes ou se irão incentivar ainda mais a subnotificação dos acidentes e doenças do trabalho e aumentar os riscos dos mesmos, só o tempo nos ajudará a avaliar.

#### **5.4 Revoluções Industriais**

As mudanças de paradigma de “como” se fazer as coisas é que dão o pontapé inicial para as consideradas revoluções, e um dos elementos de mutação é a inovação tecnológica, conceituada como “o ponto de partida para romper com velhos paradigmas e remodelar drasticamente os sistemas de produção” (TESSARINI JR.; SALTORATO, 2018, p. 745).

Além disso, Freitas (2018) aponta que o avanço tecnológico acompanha o avanço das relações trabalhistas, fazendo com que o papel do colaborador dentro do processo como um todo se modifique também (NESELLO, 2019).

Historicamente, considera-se que a sociedade teve a sua primeira revolução industrial entre os períodos de 1760 a 1830, com a aplicação de processos mecanizados, que anteriormente eram feitos manualmente. A utilização de carvão como fonte de energia propiciou uma produção mais rápida e em maior quantidade, assim, obtendo mais lucro dentro da realidade do momento, fazendo com que o capitalismo da época passasse a ser industrial e não mais comercial (CAVALCANTE; SILVA, 2011; FREITAS, 2018; LU, 2017; SAKURAI; ZUCHI, 2018).

A indústria têxtil foi a primeira a usar dessa inovação tecnológica, abrindo portas para outros setores, como a agricultura e o transporte, através da utilização da máquina a vapor (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

As relações de trabalho neste período também se modificaram, onde o modo individual e manual de se fazer o trabalho é rapidamente substituído pela produção das fábricas (LU, 2017). Conforme aborda Oliveira (2004, p.86)

A Revolução Industrial trouxe a intensidade da exploração da mão de obra, o tempo começou a ser controlado por industriais e não mais pelos artesãos. O trabalhador perdeu o saber do produto todo ao ir trabalhar nas indústrias, já que não poderia concorrer com elas, tornaram-se, assim, subordinados às mesmas e expropriados do seu saber.

Visando a otimização do tempo para a transformação do mesmo em lucro, a Segunda Revolução Industrial trouxe como inovação tecnológica inicial a energia elétrica mudando a forma de se produzir. A transformação do ferro em aço e modernização dos meios de transporte e comunicação são importantes agregações neste período. Destaque-se nessa época os setores metalúrgico e químico como propulsores de mudanças, com destaque no setor automobilístico, que apresentou um enfoque na especialização do trabalho, semi-automatização e controle da produção, inovando na questão do método produtivo, introduzindo uma nova maneira de como controlar e gerir o chão de fábrica, através dos conceitos advindos do Fordismo e Taylorismo. Durante este período houve uma grande evolução e aceleração das economias mundiais, ressalta-se alguns países como Estados Unidos, Alemanha, Japão e França, detentores, até então, dos meios de produção (FREITAS, 2018; LU, 2017; SAKURAI; ZUCHI, 2018; TESSARINI JR.; SALTORATO, 2018).

Nesello (2019) aponta que junto ao crescimento da industrialização houve exploração irresponsável da mão de obra, conseqüentemente, péssimas condições de trabalho, que com o tempo, fizeram com que a classe trabalhadora começasse a reivindicar por melhorias, refletindo no surgimento do Direito do Trabalho. Pode-se destacar retratos dessa época em obras cinematográficas e literárias por exemplo, que ilustram o quão maquinizado e alienado se tornava o trabalhador, além da prática perigosa e sem cuidado de suas atividades, sempre atrás de um conceito, hoje deturpado, de produtividade e desempenho.

A Terceira Revolução Industrial destaca-se por ser a “revolução digital”. O uso de ferramentas como informática, robótica, telecomunicações, computação, transporte, biotecnologia (também conhecidas como tecnologias de informação), além de diversificadas fontes de energia se inicia nos meios de produção trazendo conceitos como a automação. Inicia-se um período de complexidade dos métodos produtivos, cada vez mais técnicos e bem elaborados, visando uma gestão otimizada. Referenciais como o Sistema Toyota de Produção são usados para elaborar uma produção mais enxuta e há a mudança do conceito sobre a obtenção do lucro, além da massificação das tecnologias e globalização. Uma produção mais limpa, com preservação do meio ambiente, começa a ter os primeiros passos dados

também (FREITAS, 2018; SAKURAI; ZUCHI, 2018; TESSARINI JR.; SALTORATO, 2018).

Avanços positivos são dados nas relações de trabalho, na valorização da mão de obra no sentido intelectual, ampliação de direitos trabalhistas, produção com um pouco mais de cuidado ao colaborador por meio de medidas de segurança (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Percebe-se que com a evolução dos processos a partir das Revoluções Industriais que marcaram nossa história, houve um aumento nos riscos de acidentes e nas condições de trabalho que tem se intensificado e modificado ao longo dos anos (SILVA, 2015).

#### **5.4.1 Indústria 4.0 e suas aplicações na SST**

Em frente as buscas constantes e a cada vez padrões de exigência de mercado mais rígidos e competitivos, já derivado dos movimentos tecnológicos trazidos pela Terceira Revolução, em 2011, iniciou-se um movimento que traz estratégias e novas tecnologias capazes de organizar as cadeias de valor com o conceito coletivo de tecnologias e “*smartfactories*” (fábricas inteligentes) (CNI, 2017; LU, 2017; SCHWAB, 2016).

Essa mudança de paradigma que tende a afetar a forma em que trabalhamos e nos comunicamos, já é considerada para muitos autores a Quarta Revolução Industrial, que pode ser caracterizada pelo uso de processos que utilizam máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica (CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2017; SCHWAB, 2016).

A Confederação Nacional da Indústria (CNI) encara ainda que

A indústria 4.0, ou a chamada 4ª Revolução Industrial, se difere em relação às demais na velocidade da transformação e no alto grau de volatilidade do mundo do trabalho em virtude da alta capacidade das máquinas inteligentes. A inteligência artificial permite que os sistemas aprendam e aprimorem suas máquinas. Em breve, todas as indústrias terão inteligência artificial para tratar seus dados, sua imagem e aprimorar sua linha de produção (CNI, 2017, p.06).

Ainda Lu (2017) agrega a visão de que esse movimento pode ser marcado pela automação de processos de digitalização e uso mais avançados das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no que diz respeito a produtos e

serviços formando sistemas Ciber Físicos, ou mais conhecido como CPS (*Cyber-Physical-Systems*) interligando comunicação, computação e controle (SACOMANO *et al.*, 2018).

Sacomano *et al.* (2018) e Schwab (2016) complementam que com essas novas tecnologias se pode conectar máquinas, pessoas e recursos, para que haja uma intercomunicação e integração conectada por meio de *softwares* e sensores difundindo a manufatura.

Pode-se considerar como aspectos desta Quarta Revolução a capacidade de operação em tempo real, virtualização (rastreadibilidade), descentralização e modularidade, por exemplo, e que se conseguem por meio das novas tecnologias como robótica avançada, impressão 3D, *Big Data*, computação em nuvem, inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT), realidade aumentada, novos materiais e etc. (CNI, 2017; SAKURAI; ZUCHI, 2018; SCHWAB, 2016).

Observa-se que junto com as evoluções das inovações tecnológicas que marcaram o nosso progresso e as revoluções industriais, houve um desenvolvimento em torno da Saúde e Segurança do Trabalho, e que as mudanças nos processos e métodos de produção ajudaram na implementação de soluções para os problemas de riscos ocupacionais (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018).

Pontarolo, Xavier e Michaloski (2018) acrescentam que com a inserção de sistemas de SST, se obteve resultados proveitosos na minimização de acidentes de trabalho e que o ensinamento do tópico aos colaboradores gera um espaço para que se sintam integrados e preocupados, ajudando nas definições de ações. Assim gerando um papel da SST de maior pro atividade e menos reatividade (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018).

É importante destacar que as medidas de segurança e planejamento estratégico em risco ocupacional, para serem bem-sucedidas e menos onerosas, devem ser pensadas e estruturadas em termos de implementação no início de um projeto industrial, atendendo os padrões de saúde e segurança. A prevenção demanda de menos recursos e tem melhores resultados; já as intervenções durante a realização do trabalho geram decisões de pouco efeito e com mais gastos devido apenas a medidas reparadoras (ASLAN, 2019; LAGO, 2006).

Sendo assim, à medida que os conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 se tornam cada vez mais reais, causando uma mudança de paradigma, é hora de se

repensar a forma de gerir a SST. As indústrias estão começando a avaliar as repercussões positivas na capacidade de resposta, autonomia e flexibilidade das instalações de fabricação e devem avaliar como esses processos avançados podem levar a novos riscos nos quais as ferramentas atuais de gestão em SST podem não ser eficazes ou até mesmo, não corresponder ao nível tecnológico das novas indústrias (ASLAN, 2019; BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; INDRA, 2019).

Segundo trazido por Aslan (2019), a Comissão Europeia (2013) sugeriu que houvesse integração do trabalho humano multidisciplinar com equipamentos inteligentes, focando em trazer soluções por meio destes aos riscos ocupacionais emergentes e assim desenvolvendo novos padrões de gestão por meio do uso de algumas tecnologias que são abordadas na Indústria 4.0.

Autores já explanam como o uso de *Big Data*, IoT, sistemas ciber-físicos, robótica colaborativa, inteligência artificial e simulações pode ser aplicado a fim de evitar os acidente de trabalho e melhorar o ambiente ocupacional. Aslan (2019, p. 334) em seu resumo já mostra algumas possibilidades:

Braceletes e relógios profissionais robustos, macacão de trabalho equipado com sensores, capacetes e viseiras inteligentes capazes de fornecer informações. Câmeras térmicas em tempo real para detectar fontes de calor, sensores de radiação ou analisadores de qualidade do ar podem fornecer informações sobre o ambiente de trabalho.

#### **5.4.1.1 Robótica Avançada/Robô Colaborativo**

Pode ser considerada a substituição de atividades humanas em atividades por máquinas, mais específico robôs, usados para realizarem atividades complexas de forma autônoma, obtendo intercomunicação com outros robôs, tornando “humanizada” as suas ações. Baseia-se na combinação de ciências da informação, fatores humanos (comportamento, decisão, robustez e monitoramento de erros), biomecânica (modelagem de comportamento e dinâmica de movimento) e robótica (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; CNI, 2017).

Os robôs colaborativos são uma das primeiras tecnologias que conseguem-se visualizar mais rapidamente na utilização em SST, pois executam atividades físicas geralmente repetitivas e que demandam muito dos colaboradores em termos de riscos ocupacionais, ajudando na diminuição da incidência de acidentes e problemas de saúde derivativos, além de poderem ser usados para reconhecer



ações que causam ferimentos ou ameaçam os trabalhadores por meio da previsibilidade de intenções dos colaboradores em seu local de trabalho, sendo estimado por programas complexos incorporados em máquinas. O monitoramento aprimorado de processo e o monitoramento e controle remoto podem ser feitos pela IoT e sistema ciber-físicos (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; CNI, 2017).

#### **5.4.1.2 *Internet of Things* (IoT - internet das coisas)**

Trocas de informações e dados que chegam à Internet a partir de dispositivos que executam tarefas reais no mundo físico, essa tecnologia é a responsável pela conexão entre todos os novos dispositivos trazidos pela Indústria 4.0, realizando a integração e comunicação entre diferentes sistemas e dispositivos (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; CNI, 2017).

Um estudo trazido por Keerthiga, Anishya e KaaviyaPriya (2018), traz elementos IoT para a prevenção de acidentes de trabalho a fim de automatizar uma máquina para que a mesma pare quando detectar a proximidade de humanos. Esse estudo se iniciou após um engenheiro júnior de 29 anos ter morrido em um trágico acidente de trabalho esmagado por uma prensa hidráulica enquanto fazia a manutenção da mesma.

O estudo mostra a interconexão entre sensores colocados na máquina para detecção de fatores de risco, modem conectado à internet que faz ligações e o sistema de controle de fábrica, onde em caso de incidentes, além da máquina parar de funcionar, automaticamente existe uma ligação para o hospital mais próximo cadastrado para que a ajuda chegue e aviso para os responsáveis através de sistema de controle da indústria. Uma aplicação fácil, porém que promove melhorias em termos de prevenção de acidentes.

Outro estudo, não necessariamente aplicado à SST, porém que pode trazer conteúdos importantes é o feito por HamsaNandhniel *al.* (2018), que aborda o uso de IoT na prevenção de acidentes de carro. O sistema como um todo interligamicros controladores no motor do carro, fazendo com que o veículo somente ligue após a detecção de vários elementos, além de mandar informações do local em caso de acidente. Sistemas semelhantes podem ser adaptados para o uso no setor de

transporte envolvendo motoristas de caminhão, por exemplo. Em resumo o tema é tratado da seguinte forma:

Inicialmente, um módulo RFID é usado como a chave para acionar o motor, junto com a inicialização da câmera, sistema para identificar o rosto do motorista usando a técnica de reconhecimento fácil, o rosto é comparado com a imagem da licença armazenada no servidor que contém os detalhes sobre o titular da licença para verificação da originalidade. O próximo módulo consiste em um detector de álcool para evitar níveis de álcool excessivos. Em seguida, o resultado da análise é compartilhado com o servidor. Se alguma discrepância for encontrada, a informação é transmitida para o serviço policial próximo ao longo com a localização GPS. Junto do sistema foi proposto um sistema para superar o problema de resgatar pessoas de um acidente, usando um sensor de vibração para detectar a ocorrência do acidente e ZIGBEE para intimar a ocorrência do acidente para a equipe de resgate próxima (HAMSA NANDHNI *etal.*, 2018, p. 01).

#### **5.4.1.3 Artificial Intelligence(IA - Inteligência Artificial):**

São as teorias, técnicas, conceitos e tecnologias focadas na criação de dispositivos que simulem a capacidade humana de raciocinar, avaliar e tomar decisões, fazendo com que máquinas possam simular inteligência (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; CNI, 2017).

A Inteligência Artificial pode ajudar o sistema a aprender e reconhecer perigos ajudando na tomada de decisão de forma rápida (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; INDRA, 2019).

No artigo de Sarkar *etal.* (2019) são usados os conceitos de inteligência artificial e *MachineLearner* (aprendizado de máquina) para o uso de prevenção de acidentes de trabalho aplicado em uma usina siderúrgica que utilizam de algoritmos de aprendizado de máquina (rede neural artificial e máquina de vetor suporte) onde foram usados como dados de análise 16 variáveis como por exemplo, data dos acidentes, setores onde ocorreram, tipo do acidente, condição de trabalho e máquina. No final do estudo, obtiveram uma maior precisão preditiva quanto aos classificadores trabalhados conseguindo aprender com históricos de registros e dados de forma eficaz e fazendo com que possa se ter uma análise do ambiente de trabalho não só com o olhar humano relacionado ao profissional da área de SST, mas também com a precisão é lógica dada pelos dados.

A empresa brasileira AMBEV em 2019 anunciou a criação de um algoritmo de inteligência artificial para a prevenção de acidentes de trabalho, com mais de 180 variáveis, como temperatura e dados do ambiente, implementando algoritmos de

aprendizado de máquinas (IA) e informou que com o uso desta aplicação conseguiu um resultado com melhor acurácia e *recall*, através da identificação de “pontos” que ajudam a identificar a probabilidade de acidentes de trabalho (IT FORUM, 2019).

#### **5.4.1.4 Big Data**

Pode-se considerar um enorme sistema de análise de dados com grandes capacidades e características específicas com relação a volume, veracidade, velocidade, variedade e valor que considera a relevância, capacidade de processamento e urgência com que viabilizam a troca de informação entre sistemas de forma rápida e com grande quantidade de informação, são as inovações responsáveis pela mudança de patamar na geração e análise de dados, que permitem o acesso a quantidades crescentes de informação. Além disso, podem ser usados em tempo real e sua análise pode fornecer informações sobre o comportamento de equipamentos e linhas fabris, incluindo a identificação de padrões históricos, por exemplo, ajudando na tomada de decisão (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; CNI, 2017; WANG, L.; WANG, G., 2016).

As informações trazidas por *Big Data* e análise de dados em tempo real podem ajudar na identificação de padrões históricos, auxiliando na identificação preditiva de falhas e prevenção de panes que podem causar acidentes (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; CNI, 2017).

#### **5.4.1.5 Simulação/Realidade Aumentada**

Representação do comportamento de um processo industrial por meio de um modelo computacional no qual os parâmetros e variáveis são reflexos dos processos em estudo (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018).

A realidade aumentada pode ajudar os trabalhadores a serem treinados em um ambiente simulado para lidar com situações críticas por simulações ou jogos (BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; INDRA, 2019).

Na área de construção civil, uma empresa com sede em Boston (EUA) desenvolveu um sistema em colaboração com uma empresa de visão artificial que usa um algoritmo de “aprendizado profundo treinado com imagens de locais de

construção e registro de acidentes” que monitora um novo local de construção e é capaz de informar novas situações de riscos (INBEC, 2019).

#### **5.4.2 Impacto das tecnologias 4.0 na SST**

Visualiza-se que a forma de gerir riscos e como serão aplicados os programas de SST devem evoluir junto às condições propostas pela Indústria 4.0 (I4.0). Bradi, Boudreau-Trudel e Souissi (2018, p. 404) falam que:

Com as grandes mudanças implementadas, os ganhos anteriores no gerenciamento preventivo da saúde e segurança do local de trabalho estarão em risco (...). Para evitar colocar o progresso tecnológico e a SST em rota de colisão, pesquisadores, especialistas em campo e industriais terão que colaborar em uma transição suave para a Indústria 4.0.

É imprescindível na implantação de sistemas de gerenciamento de riscos a visualização dos objetivos e efeitos resultantes de sua aplicação para a empresa e colaboradores. Deve-se avaliar a garantia de produtividade, redução de custos relacionados a acidentes e doenças do trabalho, melhoria do ambiente de trabalho e qualidade de vida para os trabalhadores, bem como a preservação da vida e saúde (LAGO, 2006).

Com o entendimento das corporações, e até mesmo do Estado, de que a prevenção e segurança no trabalho é um componente essencial para o sucesso financeiro por meio de resultados satisfatórios como qualidade total, produtividade e redução de custos estimulando a competitividade das empresas e valorizando o fator humano (ASLAN, 2019; BRADI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018).

A partir das tecnologias 4.0 podem ser criadas diversas perspectivas para fins específicos dentro da conceituação apresentada. Inclusive a abordagem dentro do segmento de SST já é tratada em alguns estudos internacionais, porém, no Brasil, ainda é pouco explorada.

#### **5.5 Nível de Maturidade da Indústria 4.0**

Os modelos de maturidade são ferramentas de avaliação que classificam em qual nível uma empresa se encontra em diferentes fatores. Com o avanço das tecnologias, e a chegada da quarta revolução industrial ou indústria 4.0, surge o conceito que conecta toda a cadeia de valor de uma empresa em rede, auxiliando a

visibilidade dos dados, antecipando eventos futuros, e apoiando as tomadas de decisão (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016).

A indústria 4.0 possui alguns componentes principais regularmente compostos por tecnologias, processos, práticas e ferramentas aplicadas para evoluir a eficiência de uma empresa, envolvendo diversas áreas de conhecimento tecnológico, sendo eles: *Cyber Physical System (CPS)*, *Internet of Things (IoT)*, *Big Data* e *Big Data Analysis*, *Cloud Manufacturing (CM)*, *Information Security*, Economia de Energia, Infraestrutura Inteligente e Perfil Profissional 4.0 (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016)

Um modelo de maturidade voltado para a indústria 4.0, associado a uma metodologia, torna possível qualificar e quantificar a situação atual de uma empresa em relação a sua tecnologia, sua gestão, e conhecimento das pessoas, onde as indicações dos níveis de maturidade auxiliam na avaliação e compreensão das suas competências-chave, além de propor uma abordagem para conduzir a uma indústria inteligente (KWAK; IBBS, 2002; KOSIERADZKA, 2017).

Na literatura, há diversos modelos de maturidade já existentes, utilizados para a avaliação com base em respostas de questionários, alguns mais genéricos, outros mais específicos em suas áreas. Podemos citar alguns deles como: Modelo *Toolbox Workforce Management 4.0*, Modelo *DREAMY*, Modelo *Industrie 4.0 Maturity Index*, Modelo Indústria 4.0-MM, Modelo *Maturity Model for Data-Driven Manufacturing (M2DDM)*, Modelo *The IoT Technological Maturity Model*, Modelo *SIMMI 4.0*, Modelo *Industry 4.0 Maturity Model*, Modelo *The Digital Maturity Model 4.0*, Modelo *Manufacturing Value Modeling Methodology*, e Modelo *IMPULS - Industrie 4.0- Readiness*.

A depender do tipo e quantidade de dimensões organizacionais que uma empresa deseja analisar, define-se o modelo de maturidade a ser utilizado. De modo geral, os modelos de maturidade buscam analisar as empresas mediante suas diferentes dimensões organizacionais, onde o nível de maturidade de cada dimensão é mensurado, variando de 4 a 6 níveis cada um (SILVA; BARBALHO, 2019).

Exemplificando, o modelo *SIMMI 4.0* permite que a organização classifique seus próprios sistemas de Tecnologia da Informação. Compreende cinco níveis de maturidade, onde cada nível é dividido em quatro dimensões que correspondem a

diferentes componentes da organização: vertical, horizontal, desenvolvimento digital e cruzamento de tecnologias (LEYH *et al.*, 2016). Já o modelo *DREAMYé* estruturado cinco áreas principais: *design* e engenharia, gestão da produção, gestão da qualidade, gestão da manutenção e gestão da logística. A prontidão digital é avaliada em cinco níveis de maturidade, por meio de quatro dimensões: processos, controle e monitoramento, tecnologia e organização (DE CAROLIS *et al.*, 2017).

O Modelo de Lunelli e Cecconello (2019), proposto originalmente por Sener, Gökalp e Eren (2017) apresenta uma arquitetura em níveis, em que o objetivo do trabalho é criar uma base comum para realizar uma avaliação de tecnologias da Indústria 4.0 e orientar as empresas para alcançar um estágio de maturidade mais elevado.

Aslan (2019) relata que as inovações tecnológicas propostas pelos conceitos da Indústria 4.0 se incorporadas aos procedimentos de gestão em saúde e segurança ocupacional, ofereceriam uma alternativa para a redução dos altos números de acidentes e afastamentos do trabalho. Na presente literatura, não há um modelo específico para avaliar a maturidade do uso das tecnologias da I4.0 em áreas de SST, modelo este que contribuiria imensamente na construção de uma cultura de prevenção de acidentes nas organizações.

## **5.6 Revisão Sistemática da Literatura (RSL)**

A revisão sistemática é um tipo de revisão literária, onde, de maneira sucinta, para Sampaio e Mancini (2007), é um estudo de revisão como os outros, mas que tem como forma de pesquisa a fonte de dados da literatura vigente sobre cada tema específico. Para Galvão e Pereira (2014), este tipo de pesquisa é considerada secundária, tendo como fonte de estudo, literaturas primárias. A mesma difere de uma revisão tradicional (revisão narrativa da literatura), pois responde a uma pergunta mais pontual, além de identificar, selecionar, coletar dados, analisar e descrever as contribuições relevantes da pesquisa (DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO; TAKAHASHI; BERTOLOZZI, 2011).

Cada vez mais temos um maior conteúdo e informações relacionadas a diversos temas, aumentando de maneira considerável o número de publicações e textos científicos e podem-se elencar dois fatores que contribuem para isso: as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), que possibilitam novas formas de

pesquisa científica facilitando a descoberta de novos estudos relacionados às pesquisas em andamento; e a necessidade de especialização e construção de novos conhecimentos dados pelos mercados e sociedades do conhecimento (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).

Tendo em vista estes pontos, para a melhoria da qualidade do ensino devido ao elevado número de produções científicas sobre uma mesma temática, se faz necessário a realização de Revisões Sistemáticas (RS) com o intuito de captar, reconhecer e sintetizar as evidências científicas (DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO; TAKAHASHI; BERTOLOZZI, 2011).

“Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada” (SAMPAIO; MANCINI, 2007, p. 84).

Existem múltiplas possibilidades de identificar fontes de dados e informações com o objetivo de produzir um novo conhecimento, e é parte fundamental do pesquisador selecionar essas fontes e identificar as informações mais relevantes para a pesquisa (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).

Para Sousa *et al.* (2018, p. 47), as características chave de uma revisão sistemática são:

A definição clara dos objetivos com base em critérios de elegibilidade pré-definidos para estudos; metodologia explícita e reprodutível; procura sistemática que tenta identificar todos os estudos que cumpram os critérios de elegibilidade; avaliação da validade dos resultados dos estudos incluídos; e apresentação sistemática e síntese das características e dos achados dos estudos incluídos.

Para superar possíveis vieses em cada etapa exige-se o planejamento de um protocolo rigoroso sobre busca e seleção das evidências científicas, avaliação da validade e aplicabilidade das evidências científicas, e síntese e interpretação dos dados oriundos das mesmas (DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO; TAKAHASHI; BERTOLOZZI, 2011).

### **5.6.1 Metodologias de RSL**

Devido ao poder de sintetização dos conteúdos da literatura a um específico tópico, a revisão sistemática da literatura, poderá ter algumas diferentes abordagens

metodológicas dadas as áreas de conhecimento que deverá ser estudada (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).

Dada a relevância e seriedade do estudo para a elaboração de uma RSL, os conteúdos de literatura devem ser sistematicamente lidos seguindo um roteiro metódico, no entanto devem-se levar em consideração as publicações relevantes para a pesquisa em questão. Para a avaliação da relevância do material teria de ser necessário a leitura de todo conteúdo publicado relacionado ao tópico de estudo, o que é uma prática inviável na maioria das vezes, sendo assim, existem metodologias que nos auxiliam na execução da sistematização da pesquisa (AFONSO *et al.*, 2011; PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).

Ainda nas palavras de Pagani; Kovaleski; Resende (2018, p. 164) temos que:

Uma importante característica da pesquisa científica é que ela deve ser replicada de maneira que diversos pesquisadores possam chegar às mesmas conclusões sobre determinado estudo. Para tanto, é preciso que haja condições de reprodutibilidade, o que pode ser alcançado por meio de um método de pesquisa que deve ser descrito pelo pesquisador que o utilizou de forma clara, a fim de que outros possam igualmente utilizá-lo.

Sendo assim, levando em conta a reprodutividade na execução do trabalho de RSL, e também informações relevantes sobre as escolhas de materiais, segue abaixo o Quadro 2 no qual apresenta três modelos de metodologias que podem ser usadas na revisão sistemática da literatura, bem como as especificidades de cada um.

Quadro 2: Comparação de metodologias da RSL

Metodologia	Ano	Abordagem	Características	Etapas
The Cochrane Collaboration	1993	Axiomática (prescritivo), muito usada na RSL da área da saúde, porém pode ser usada em outras áreas, auxilia os profissionais a tomar decisões de maneira bem informada, mantendo e promovendo a acessibilidade à revisões sistemáticas (HIGGINS; GREEN, 2011 apud PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018), assim "o caminho axiomático dentro do contexto de um problema que pretende combinar elementos, a pontos de agregação de vista, a tomar uma posição na presença de riscos, etc. consiste na transcrição, em termos	"Oferece uma estratégia para a busca e coleta, bem como leitura sistemática, de todos os trabalhos (artigos publicados e documentos de conferências) relacionados à área da saúde. Pode ser utilizada em outras áreas de estudo, mas não há um processo de filtragem para eliminar os trabalhos que não representam interesse científico para o pesquisador" (NIGHTINGALE, 2009; HIGGINS; GREEN, 2011 apud PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).	(a) definição de metas e objetivos da revisão; (b) definição de critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos; (c) definição da maneira pela qual os estudos serão identificados; e (d) definição do plano de análise (NIGHTINGALE, 2009 apud PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).



		formais, dessas exigências refletindo uma forma de racionalidade a fim de investigar as suas conseqüências lógicas" (ROY, 1993 apud PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018) .		
ProKnow-C	2010	"Metodologia construtivista que consiste em considerar conceitos, modelos, procedimentos e resultados para que sejam chaves capazes (ou não) de abrir portas prováveis (ou não) adequadas à pesquisa" (ROY, 1993 apudPAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018). "Usa de valores e preferências do pesquisador para expandir o conhecimento sobre o assunto" (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).	"Trabalhos não alinhados ou não relevantes são filtrados ou descartados através de estratégia de busca e coleta de documentos, ainda a análise e leitura sistemática são realizadas antes do estabelecimento da relevância científica do artigo e a relevância final do material científico é definida através do número de citações" (AFONSO <i>et al.</i> , 2012; VAZ <i>et al.</i> , 2013, LACERDA <i>et al.</i> , 2012 apud PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018) .	(a) seleção de um portfólio de artigos sobre o tema da pesquisa; (b) análise bibliométrica do portfólio; (c) análise sistemática; e, (d) definição da pergunta de pesquisa e objetivo de pesquisa (ENSSLIN L.; ENSSLIN S.; PINTO, 2012).
<i>Methodi Ordinatio</i>	2015	"O tomador de decisão decide por meio da racionalidade, delegando as decisões a um modelo universal no qual artigos são relevantes através do fator de impacto das publicações, sendo considerado um modelo realista normativo. São três os critérios de análise de uma publicação científica relevante, identificados na literatura: o número de citações, o fator de impacto e o ano de publicação" (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018, LACERDA <i>et al.</i> , 2015 apud PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).	"Oferece uma estratégia para busca e coleta de trabalhos sobre um tema específico. Trabalhos não alinhados ou não relevantes são filtrados e descartados. A leitura sistemática é realizada após a identificação da relevância científica pela equação InOrdinatio. Relevância científica é definida pela equação InOrdinatio, que emprega três fatores: número de citação, ano de publicação e fator de impacto" (PAGANI <i>et al.</i> , 2015 apud PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).	(a) intensão de pesquisa; (b) pesquisa preliminar base de dados; (c) definir palavras-chaves, base de dados e delimitação temporal; (d) pesquisa definitiva base de dados; (e) filtragem; (f) identificação de fatores de impacto; (g) InOrdinatio; (h) Textos em Formato Integral; (i) Leitura sistemática e análise de artigos (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).

Fonte: Adaptado de Pagani; Kovaleski; Resende (2018).

Pode-se comparar o modelo de Cochrane e ProKnow-C pela questão de eliminação de material científico, no primeiro é necessário a leitura completa do material científico sobre dado assunto, ou eliminado sem critério, já o segundo modelo, é feito com base na análise do reconhecimento científico (número de citações). Neste caso, os artigos mais recentes e atuais podem ficar fora do portfólio. O modelo de Cochrane se propõe a expor o que existe na literatura, enquanto a ProKnow-C visa identificar uma lacuna de pesquisa. Assim foi concebida a metodologia *MethodiOrdinatio*, tendo como base o modelo de Cochrane e a ProKnow-C para o levantamento dos trabalhos devido a levar em consideração os fatores de impacto (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).

Além das metodologias que temos para poder realizar as revisões sistemáticas da literatura, ainda existem *softwares* que ajudam na pesquisa bibliométrica, exemplo disso é o *VOSviewer (Visualization of Similarities Viewer - Visualizador de Similaridades Visuais)*, que é uma ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas, ele faz parte de um conjunto de *softwares* gratuitos cuja função é a análise e visualização bibliométrica. O *software* foi desenvolvido por Van Eck e Waltman (PALLUDETO; FELIPINI, 2019).

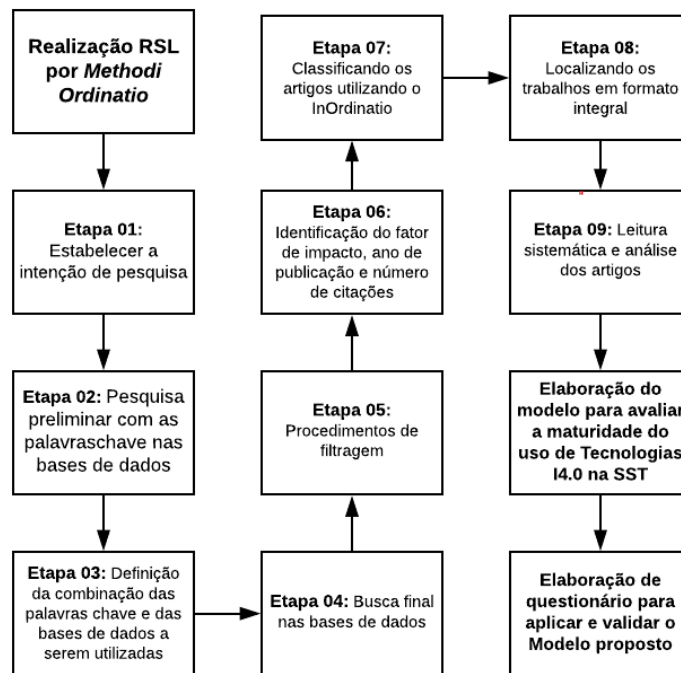
As redes bibliométricas podem, por exemplo, incluir periódicos, pesquisadores ou publicações individuais, e podem ser construídas com base em citações, acoplamentos bibliográficos, co-citações ou relações de coautoria. O *VOSviewer* também oferece funcionalidade de mineração de texto que pode ser usada para construir e visualizar redes de ocorrência simultânea de termos importantes extraídos de um corpo de literatura científica (VOSVIEWER, 2020).

Dentro da realização deste estudo, encarando as várias possibilidades apresentadas, será utilizada a metodologia *MethodiOrdinationa* revisão sistemática da literatura, onde se fará a explanação do tópico a seguir.

## **6 Metodologia**

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa quanti-qualitativa de natureza básica. Quanto aos objetivos é uma pesquisa exploratória onde foi feita uma revisão sistemática da literatura e utilizado um modelo para avaliar a maturidade do uso das tecnologias da Indústria 4.0 em Segurança e Saúde do Trabalho (Figura 4).

Figura 4: Fluxograma de metodologia.



Fonte: Autor (2020).

## 6.1 Methodi Ordinatio

As nove etapas contempladas na metodologia *Methodi Ordinatio* mostradas na Figura 4, visam selecionar artigos com relevância científica para esta RSL e serão descritas a seguir.

Etapa 01: Estabelecimento da intenção de pesquisa.

Este trabalho abordou o uso das tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas a saúde e segurança do trabalho.

Etapa 02: Pesquisa Preliminar com as palavras-chave nas bases de dados.

Para este trabalho foram usadas as combinações de palavras chaves “Indústria 4.0” e “Saúde e Segurança do Trabalho” traduzido para o inglês, com o propósito de uma maior abrangência dos artigos, sendo efetivamente feita a combinação com os termos “*Industry 4.0*” e “*Occupational Health and Safety*”. Foram utilizados operadores booleanos (*and, or, not*), símbolos de truncagem (asterisco, para recuar qualquer caractere) e operadores de proximidade (aspas, para buscar frase/palavra exata) na realização das buscas.

Etapa 03: Definição da combinação das palavras chaves e das bases de dados a serem utilizadas.

Para o seguimento deste passo é importante a escolha de bases que contenham grandes volumes de publicações, já que a RSL consiste nos estudos primários sobre os assuntos conforme orienta Pagani, Kovalski e Resende (2018). Sendo assim, foram selecionadas para a realização do presente as bases de dados consagradas em Engenharias III: *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Science*.

Além disso, foi preciso fazer a definição final das palavras chaves que foram usadas e o limite temporal, sendo usados os períodos de 2011 a 2021 devido ao início das tratativas dos conceitos de Indústria 4.0. Além disso, utilizou-se de filtros para seleção somente de artigos, devido as definições de estudo primário citadas anteriormente e que são imprescindíveis para a execução da RSL.

Etapa 04: Busca final das bases de dados.

Nesta etapa se encontrou o número total de publicações relacionadas em cada base de dados.

É indicado na realização desta etapa o uso de algumas TICs, como por exemplo, os gerenciadores de referência *Mendeley*, *Zotero*, *EndNote*, ou outro da preferência do pesquisador. Para este trabalho se utilizou do gerenciador *Zotero* (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2018).

Uma vez acessado o Portal Capes, se acessou a base de dados e, após, exportou-se os artigos para o *Zotero(Exportto RIS)* e deste para o Excel.

Etapa 05: Procedimentos de filtragem.

Constituiu-se em realizar uma filtragem nas publicações encontradas nas bases de dados através da eliminação de artigos duplicados nas bases; leitura de título a fim de eliminar os que não estão relacionados à pesquisa; e eliminação de livros e capítulos de publicações, pois este material não obtém fator de impacto, restando um número menor de material para a próxima etapa.

Etapa 06: Identificação do fator de impacto, ano de publicação e número de citações.

A escala de aceitação de um periódico perante a comunidade científica, ou fator de impacto do periódico, foi feita dentro da Base de Dados onde se encontrou cada artigo, sendo possível a identificação do *Journal Citation Reports* (JCR) de cada revista onde os mesmos foram publicados (BIBICBS, 2020; CAPES, 2019).

Para melhor organização, os dados foram ordenados e classificados utilizando uma Planilha Excel. O ano de publicação foi verificado no próprio artigo e o número de citações na Base de Dados onde o artigo foi encontrado.

Etapa 07: Classificando os artigos usando equação *InOrdinatio*.

Tratou-se da aplicação da equação *InOrdinatio* (PAGANI; RESENDE; KOVALESKI, 2015):

$$\text{Equação } InOrdinatio = (IF/1000) + \alpha * [10 - (ResearchYear - PublishYear)] + (\sum CI)$$

Em que:

IF = fator de impacto (desconsiderado quando se tratar de livros e outros sem fator de impacto);

$\alpha$  = fator de ponderação que varia de 1 a 10 a ser atribuído pelo pesquisador, conforme a atualidade do tema;

*Research Year* = ano em que a pesquisa foi desenvolvida;

*Publish Year* = ano em que o artigo foi publicado e

$\sum Ci$  = número de vezes que o artigo foi citado.

Para a aplicação da equação se utilizou os dados anteriormente tabulados em Planilha do Excel.

Etapa 08: Localização dos trabalhos em formato integral.

Pagani, Resende e Kovaleski (2015) nos orientam que esta etapa pode ser feita simultaneamente com a etapa 06, por se tratar da visualização de forma integral dos artigos localizados.

Etapa 09: Leitura sistemática e análise dos artigos.

Neste passo observou-se o resultado da equação *InOrdinatio*, tendo em vista que os artigos que tiveram valores positivos nesta coluna terão um valor agregado maior, levando em consideração não somente a atualidade da publicação, mas seu número de citações e fator de impacto.

Finalizada a metodologia de RSL, iniciou-se o processo de seleção do modelo para avaliar a maturidade do uso destas tecnologias em Segurança e Saúde do Trabalho.

## **6.2 Modelo de maturidade do uso de tecnologias da I4.0 em SST**

Segundo Wendler (2012), o desenvolvimento de um modelo de maturidade possui três etapas: elaboração do modelo, aplicação de modelo e validação de modelo.

No presente trabalho, o objetivo foi selecionar um modelo para avaliar a maturidade do uso das tecnologias da I4.0 em áreas de SST (como gestão e prevenção de riscos).

Além disso, também foi elaborado um questionário (Apêndice A) para aplicar e validar o modelo proposto em algumas empresas do setor de construção civil. O mesmo foi enviado para um total de 120 empresas, porém, nenhuma resposta válida foi obtida (Quadro 3).

A seleção do modelo de maturidade, baseou-se no modelo proposto por Lunelli e Cecconello (2019), o qual apresenta uma arquitetura em níveis, e foram feitas adaptações para que o modelo fosse focado especificamente para aplicação na área de SST.

Desta forma, os níveis de maturidade variam entre 0 (Inexistente), 1 (Iniciado), 2 (Gerenciado), 3 (Estabelecido), 4 (Previsível), 5 (Otimizado).

Nível 0: Inexistente. Ainda não há implementação de tecnologias.

Nível 1: Iniciado. A infraestrutura tecnológica e o roteiro para a transição para a I4.0 foram iniciados, mas não estão totalmente implementados.

Nível 2: Gerenciado. Dados estão sendo coletados, mas não está integrado nas diferentes funcionalidades das operações. Os itens físicos estão começando a ser representados por um mundo virtual.

Nível 3: Estabelecido. O conjunto de dados é claramente identificado para cada operação da organização sendo coletado e armazenado sistematicamente em um banco de dados bem gerenciado. A integração vertical, incluindo a integração interna de fábrica de sensores e atuadores dentro das máquinas até os sistemas de planejamento de recursos empresariais foram alcançadas.

Nível 4: Previsível. A integração horizontal, incluindo a integração das redes de produção ao nível dos negócios, é conseguida pela integração da cadeia de suprimentos, mas pode incluir mais no futuro, quando informações em tempo real e em produtos ou processos específicos forem trocadas para aumentar o nível de detalhe e qualidade na otimização de fabricação distribuída.

Nível 5: Otimizado. Foi alcançada a integração para a engenharia e a vida útil do produto/produção para permitir o compartilhamento de conhecimento de baixo esforço e a sincronização entre o desenvolvimento de produtos e serviços e os ambientes de fabricação.

Dessa forma, a estrutura da Indústria 4.0 pode ser vista como um conjunto de CPS, pessoas e fábricas inteligentes, interagindo entre si, utilizando recursos da Internet dos Serviços e da Internet das Coisas, que, por sua vez, estão sobre a Internet (PEREIRA; SIMONETTO, 2018).

Foram avaliados e contemplados no questionário processos importantes da SST como Gestão e Controle de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs); Avaliação e Gestão de Riscos; Capacitação em Segurança e Manutenção Preventiva.

Para cada um dos processos acima citados foram verificados sobre a solução com uso das tecnologias I4.0 por meio de quatro componentes: (i) Sistemas Ciber-Físicos; (ii) Internet das Coisas; (iii) Internet de Serviços; e (iv) Fábricas Inteligentes.

Quadro 3: Aplicação de questionário para Validação do Modelo

	Empresas foco	Formas de contato	Desfecho
1ª tentativa	Seis empresas pioneiras em tecnologia do Brasil no segmento da Construção Civil (NAKAMURA, 2019).	Foi realizado o contato telefônico, eletrônico e por aplicativo com a assessoria de imprensa de cada uma delas.	Conseguiu-se o contato direto com apenas duas. Mas nenhuma respondeu ao questionário.
2ª tentativa	Cem maiores empresas de construção, segundo a INTEC Brasil (INTEC BRASIL, 2019).	Conseguiu-se, por meio de pesquisa e acesso a site institucional, o e-mail de contato de trinta dessas cem. Foi enviado o questionário e feito o acompanhamento de retorno de respostas e reenvio do questionário.	Não se obteve nenhuma resposta.
3ª	Empresas de	Consultou-se, no site do	Não se obteve



tentativa	construção civil das quatro maiores cidades do estado do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Caxias do Sul, Pelotas e Canoas).	CREA-RS, o e-mail de contato de 21 empresas de cada uma das quatro maiores cidades do RS. Essas empresas foram escolhidas de forma aleatória para compor a amostra estatística. Foi enviado o questionário para essas 84 empresas e feito o acompanhamento de retorno de respostas e reenvio do questionário.	nenhuma resposta.
-----------	---	---	-------------------

Fonte: Autor (2020).

## 7 Análise de Dados e Discussão dos Resultados

A seguir serão expostos e discutidos os resultados encontrados neste trabalho.

### 7.1 Aplicação do *MethodiOrdinatio*

A aplicação do *MethodiOrdinatio* para a realização da revisão sistemática da literatura respeitou os nove passos abordados pela metodologia.

Nesta etapa, foi encontrado o número total de publicações em cada base de dados (Quadro 4).

Quadro 4: Resultado até a etapa 4 *MethodiOrdinatio*.

Palavras – Chave	Base de Dados	Resultados	Percentual
"Industry 4.0" AND "Occupational Health" AND "Safety"	<i>Science Direct</i>	48	27,90%
	<i>Scopus</i>	110	63,95%
	<i>Web of Science</i>	14	8,15%
Total		172	100%

Fonte: Autor (2020).

Uma vez acessado o Portal Capes, se acessou a base de dados e, após, exportou-se os artigos para o *Zotero (Exportto RIS)* e deste para o Excel.

Etapa 5: Procedimentos de filtragem.

Neste momento, foi realizada a leitura dos títulos e dos resumos dos artigos com a finalidade de se excluir àqueles que não estavam alinhados com a intenção de pesquisa. Foram eliminados também artigos duplicados e trabalhos que não eram estudos primários.

Estes procedimentos de filtragem resultaram em um novo número de trabalhos, conforme Quadro 5.

Quadro 5: Resultado *Methodi Ordinatio* com filtragem (etapa 5):

Processo de Filtragem	Resultado
Total de artigos	172
Total após eliminação de artigos duplicados	158
Total após eliminação de capítulos de livros	155
Total após eliminação de artigos não relacionados totalmente ao tema proposto	22

Fonte: Autor (2020).

Etapa 6: Identificação do ano de publicação, número de citações e fator de impacto.

Foi feita a integração do gerenciador de referências *Zotero* à Planilha Excel, de forma a organizar os dados com a identificação dos 22 artigos e seus respectivos anos de publicação, número de citações e fator de impacto das revistas nas quais foram publicados.

A escala de aceitação de um periódico perante a comunidade científica, ou fator de impacto do periódico, foi feita dentro da Base de Dados onde se encontrou cada artigo, sendo possível a identificação do *Journal Citation Reports (JCR)* de cada revista onde os mesmos foram publicados (BIBICBS, 2020; CAPES, 2019).

O ano de publicação foi verificado no próprio artigo e o número de citações na Base de Dados onde o artigo foi encontrado.

Etapa 7: Classificação dos artigos usando equação *InOrdinatio*.

Os resultados obtidos com a aplicação da Equação *InOrdinatio* (item 6.1) para os 22 artigos encontram-se no Apêndice B e estão sintetizados no Quadro 6 para aqueles artigos que obtiveram nota  $\geq 100$ .

O valor de  $\alpha$  usado na Equação *InOrdinatio* foi de 10, considerando a atualidade dos artigos e do tema. O valor  $\alpha$  é um fator de ponderação que varia de 1 a 10 a ser atribuído pelo pesquisador, conforme a atualidade do tema.

Quadro 6: Resultado dos artigos com nota  $\geq 100$  pela Equação *InOrdinatio*.

Classificação do artigo	Artigo Selecionado (Título; Autores; Revista)	Ano publicação	Número citações	Fator de Impacto Revista (JCR)	Resultado Equação <i>InOrdinatio</i>
1	<i>A multi-parametric wearable system to monitor neck movements and respiratory frequency of computer workers; Presty et al. (2020); Sensors (Switzerland).</i>	2020	9	3,275	109,003275
2	<i>Healthy operator 4.0: A human cyber-physical system architecture for smart workplaces; Sun et al. (2020); Sensors (Switzerland).</i>	2020	3	3,275	103,003275
3	<i>Design of human-centered collaborative assembly workstations for the improvement of operators' physical ergonomics and production efficiency: A case study; Gualtieri et al. (2020).</i>	2020	2	2,576	102,002576
4	<i>Modelling a safety management system using system dynamics at the Bhopal incident; Di Nardo et al. (2020);</i>	2020	1	2,474	101,002474

	Applied Sciences (Switzerland).				
5	<i>Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning;</i> Massiris Fernández et al. (2020); Computers & Industrial Engineering.	2020	0	4,135	100,004135
6	<i>Safety, Ergonomics and Efficiency in Human-Robot Collaborative Assembly: Design Guidelines and Requirements;</i> Gualtieri et al. (2020); Enhancing design through the 4th Industrial Revolution Thinking.	2020	0	3,6	100,0036
7	<i>Holistic planning and optimization of human-centred workplaces with integrated Exoskeleton technology;</i> Ippolito et al. (2020); 13th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 17-19 July 2019, Gulf of Naples, Italy.	2020	0	3,6	100,0036
8	<i>Postural Control When Using an Industrial Lower Limb Exoskeleton: Impact of Reaching for a Working Tool and External Perturbation;</i> Steinhilber et al. (2020);	2020	0	3,165	100,003165

	HumanFactores.				
9	<i>Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0</i> ; Ademet al. (2020); Sn AppliedSciences.	2020	0	0	100

Fonte: Autor (2020).

Etapa 8: Localização dos trabalhos em formato integral.

Foi realizada simultaneamente com a etapa 6, conforme orientam Pagani, Resende e Kovaleski (2015), por se tratar da visualização de forma integral dos artigos localizados.

Etapa 9: Leitura sistemática e análise dos artigos.

A seguir, serão expostos os resultados da análise dos 9 artigos (Quadro 7) com pontuação  $\geq 100$ .

Primeiramente será realizada uma explanação sobre aspectos gerais dos artigos.

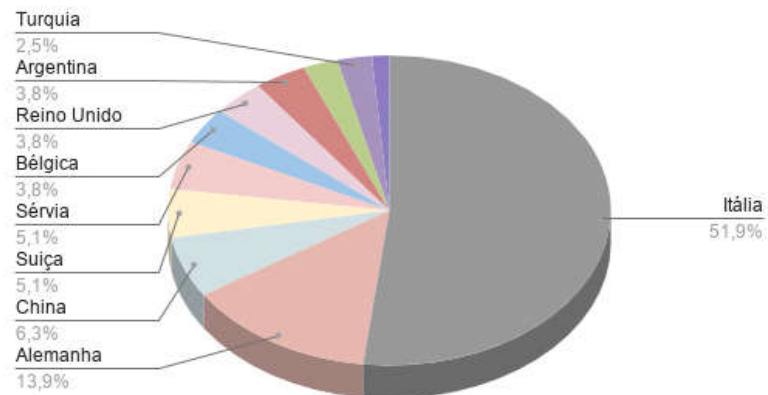
Em seguida a análise será dividida em subitens, para melhor compreensão do uso das tecnologias 4.0 aplicadas à SST:SST no domínio da Indústria 4.0; Dispositivos Vestíveis – uma opção aos EPIs; Robôs Colaborativos e ambientes de trabalho; Tecnologias da 4.0 aplicadas à prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, Sistema de Segurança 4.0.

Por fim, serão abordados os desafios que a I4.0 traz para a área de SST.

### 7.1.1 Aspectos Gerais dos Artigos

De forma geral, os estudos resgatados são todas publicações internacionais. Uma informação relevante é quanto à origem dos trabalhos, sendo a grande maioria proveniente da Europa, em especial, da Itália (Figura 5).

Figura 5: Porcentagem das origens das publicações.



Fonte: Autor (2020).

O Quadro 7, a seguir, mostra a tradução dos resumos de cada um dos nove artigos, bem como a sua posição pela ordem da equação *InOrdinatio*, o título, os autores, a revista no qual foram publicados, seu ano de publicação e o local de origem.

Posição	Titulo	Autores	Revista	Ano	Local	Resumo
1	<i>A Multi-Parametric Wearable System to Monitor Neck Movements and Respiratory Frequency of Computer Workers</i>	Prestiet <i>al.</i>	Sensors	2020	Itália	Os distúrbios musculoesqueléticos são a forma mais comum de doença ocupacional. A dor no pescoço é um dos distúrbios musculoesqueléticos mais prevalentes vividos por profissionais de informática. Hábitos posturais errados e a não conformidade da estação de trabalho com as diretrizes de ergonomia são as principais causas de dor no pescoço. Esses fatores também podem alterar as funções respiratórias. Saúde e segurança são medidas de intervenções que podem reduzir a dor no pescoço e, de forma mais geral, os sintomas de distúrbios musculoesqueléticos e reduzir o conseqüente ônus econômico. Neste trabalho, um sistema vestível multiparamétrico baseado em dois sensores de grade de Bragg de fibra são propostos para monitorar movimentos do pescoço e frequência respiratória durante atividade dos trabalhadores de informática. Os sensores foram posicionados no pescoço, na parte frontal e planos sagitais, para monitorar: (i) repetições de flexo-extensão e rotação axial, e (ii) frequência respiratória. Neste estudo piloto, cinco voluntários foram inscritos e realizaram cinco repetições de ambos, flexo-extensão e rotação axial, e dez respirações tranquilas e taquipnéia. Resultados mostraram o bom desempenho do sistema proposto no monitoramento dos parâmetros citados quando comparados aos sistemas de referência ópticos. O sistema vestível é capaz de monitorar a tendência em tempo dos movimentos do pescoço (flexo-extensão e rotação axial) e estimar a média de valores de frequência respiratória com erros percentuais $\leq 6,09\%$ e $\leq 1,90\%$ , durante respiração tranquila e taquipnéia, respectivamente.
2	<i>Healthy Operator 4.0: A Human Cyber-Physical System Architecture for Smart Workplaces</i>	Sun <i>et al.</i>	Sensors	2020	Espanha, EUA, Suíça e Alemanha	Avanços recentes na tecnologia possibilitaram a aplicação generalizada de sistemas ciber-físicos na fabricação e fomentou o paradigma da Indústria 4.0. Nas fábricas do futuro, é possível que todos os itens, incluindo operadores, sejam equipados com capacidades de comunicação e processamento de dados. Os operadores podem se tornar parte dos sistemas inteligentes de manufatura, e isso promove uma mudança de paradigma de automação independente por meio de sistemas ciber-físicos para humanos (HCPSs). Neste contexto, um Operador Saudável 4.0 (HO4.0) foi proposto, com base em uma visão sistêmica da Internet das Coisas (IoT) e tecnologia vestível. Para a implementação deste conceito relativamente novo, construímos uma arquitetura unificada para apoiar a integração de diferentes tecnologias de capacitação. Nós projetamos um modelo de implementação para facilitar a aplicação prática deste conceito na indústria. O princípio das tecnologias habilitadoras do modelo são introduzidas posteriormente. Além disso, um sistema de protótipo foi desenvolvido, e experimentos relevantes foram realizados para demonstrar a viabilidade da proposta de arquitetura do sistema e a estrutura de implementação, bem como alguns dos benefícios derivados.
3	<i>Design of</i>	Gualtieriet <i>al.</i>	Sustaina	2020	Itália	A robótica colaborativa industrial é uma das principais tecnologias facilitadoras da Indústria

	<i>Human-Centered Collaborative Assembly Workstations for the Improvement of Operators' Physical Ergonomics and Production Efficiency: A Case Study</i>		bility			4.0. Os robôs colaborativos são sistemas ciber-físicos inovadores, que permitem um sistema físico seguro e eficiente por meio de interações com operadores, combinando forças típicas da máquina com habilidades humanas inimitáveis. Um dos principais usos dos robôs colaborativos será o suporte de humanos na forma mais física e em atividades estressantes, por meio da redução da sobrecarga biomecânica relacionada ao trabalho, especialmente em atividades de montagem manual. A melhoria das condições de trabalho ocupacional dos operadores e o desenvolvimento de sistemas de produção centrados no ser humano e ergonômicos é um dos pontos-chave da quarta revolução industrial em curso. A fábrica do futuro deve se concentrar na implementação de sistemas de produção adaptáveis, reconfiguráveis e sustentáveis, que consideram o humano como sua parte central e valiosa. Fortalecimento das estações de trabalho de montagem reais integrando automação inteligente e soluções para a melhoria da saúde e segurança ocupacional dos operadores será um dos principais objetivos do futuro próximo. Neste artigo, a transformação de uma estação de trabalho manual em um ambiente colaborativo e centrado no ser humano é apresentada.
4	<i>Modelling a Safety Management System Using System Dynamics at the Bhopal Incident</i>	Di Nardo et al	Applied Sciences	2020	Itália	Em um sistema de gestão de segurança, a gestão de riscos desempenha um papel fundamental para a prevenção de acidentes. Este estudo tem como objetivo propor um modelo de gestão de segurança por meio de uma dinâmica de abordagem aplicada ao acidente de Bhopal. O modelo proposto neste artigo discute as relações entre as principais causas que contribuíram para a ocorrência do acidente estudado, como dispositivos de segurança quebrados, experiência pessoal inadequada, decisões do operador, produção do gerente estratégia, decisão política. A simulação e os resultados esclarecem como gerenciar os fatores-chave para tornar a planta segura. Além disso, queremos sublinhar como esses principais aspectos modernos de segurança podem ser aprimorados usando tecnologias facilitadoras da indústria 4.0.
5	<i>Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning</i>	Fernández et al	Computers & Industrial Engineering	2020	Argentina e Espanha	Desenvolvemos um novo método que realiza uma avaliação de risco ergonômica precisa, calculando automaticamente as Pontuações de Avaliação de Membro Superior (RULA) por meio de vídeo digital usando visão computacional e técnicas de aprendizagem. Nosso método supera as limitações dos desenvolvimentos recentes com base na visão computacional ou em sensores de medição vestíveis, sendo capaz de realizar avaliação não supervisionada lidando com vários trabalhadores simultaneamente, mesmo sob condições de visualização abaixo do ideal (por exemplo, iluminação deficiente, oclusões e instabilidade; visualizações da câmera). O fluxo de trabalho de processamento usa redes neurais de código aberto para detectar os esqueletos dos trabalhadores, depois disso, as posições e ângulos das articulações do corpo são inferidos, com os quais as pontuações RULA são calculadas. O método foi testado com conjuntos de dados de imagens do mundo real controlados e gerados por computador, e com vídeos feitos em cenários de



						trabalho ao ar livre. As pontuações RULA calculadas estavam em estreita concordância com as avaliações de sete especialistas na área, alcançando $\kappa$ de Cohen acima de 0,6 na maioria dos experimentos do mundo real.
6	<i>Safety, Ergonomics and Efficiency in Human-Robot Collaborative Assembly: Design Guidelines and Requirements</i>	Gualtieriet al	Procedia CIRP 9	2020	Itália	A introdução de tecnologias da Indústria 4.0 e automação na produção e montagem estão progredindo e trazendo uma série de mudanças. Enquanto a automação do passado era planejada e implementada principalmente de forma independente do operador, devido a uma separação clara dos processos automatizados e atividades manuais, isso mudou consideravelmente no ambiente de produção atual. O operador trabalha cada vez mais diretamente com a máquina ou robô que apoia o ser humano em atividades de manufatura ou montagem. No entanto, com a introdução de robôs colaborativos na montagem, muitas empresas enfrentam o desafio de tornar seus locais de trabalho seguros e ergonômicos. Embora os robôs colaborativos apresentem algumas medidas de segurança que permitem a implementação de aplicações seguras, este estado geralmente muda assim que são integradas em ambiente de trabalho. Além disso, a ergonomia e a eficiência são frequentemente ignoradas. Portanto, novas diretrizes para o projetista de sistemas integrados são necessárias para desenvolver estações de trabalho de montagem colaborativas seguras e ergonômicas sem negligenciar requisitos de eficiência de produção. Neste artigo, uma coleção e classificação de pré-requisitos e diretrizes de design são desenvolvidas a partir de padrões internacionais, trabalhos de pesquisa e casos de uso reais. Essas diretrizes apoiarão os designers de aplicativos para desenvolver e avaliar adequadamente estações de trabalho de montagem colaborativa seguras, centradas nos seres humanos e eficientes. Não apenas a segurança dos componentes robotizados é considerada, mas também uma abordagem holística é escolhida em que os operadores, o sistema de fabricação e montagem, bem como os aspectos organizacionais são examinados e resumido no âmbito da assembleia colaborativa.
7	<i>Holistic planning and optimization of human-centred workplaces with integrated Exoskeleton technology</i>	Ippolito; Constantinescu; Riedel	Procedia CIRP 9	2020	Alemanha	O planejamento e a otimização de locais de trabalho centrados no homem requerem uma nova metodologia, que permite a integração de Exoesqueletos como um novo recurso de manufatura ou ferramenta de trabalho para superar enormes problemas de ergonomia ao manipular peças pesadas ou trabalhar. O artigo apresenta os primeiros passos no desenvolvimento de uma abordagem inovadora para o planejamento e otimização de locais de trabalho inteligentes com integração Exoesqueleto adaptativo. O tema abordado harmoniza três grandes áreas de pesquisa: a) tecnologias de produção e planejamento holístico de processos de fabricação; b) ergonomia, segurança e proteção dos trabalhadores em ambientes de fabricação ec) a base de componentes configuração do novo tipo de robótica vestível, Exoesqueletos.
8	<i>Postural Control When Using an</i>	Steinhilberet al	Human Factors	2020	Alemanha	A prevenção da musculatura relacionada ao trabalho é um dos atuais desafios em segurança e saúde ocupacional. Apesar do conhecimento existente sobre fatores de risco físicos relacionados ao trabalho (da Costa & Vieira, 2010; Punnett&Wegman, 2004), essas

	<i>Industrial Lower Limb Exoskeleton: Impact of Reaching for a Working Tool and External Perturbation</i>					<p>lesões continuam a ser um grande problema de saúde na população trabalhadora e um fardo para economia e sistemas de saúde (Bevan, 2015; Sultan-Taïebet al., 2017). Como resultado dos recentes avanços técnicos, exoesqueletos que apoiam o desempenho dos trabalhadores em tarefas ocupacionais emergentes, agora podem oferecer um novo tipo de intervenção para reduzir exposições físicas que podem contribuir para a prevenção dessas situações. Estes vestíveis, com estruturas mecânicas externas objetivam melhorar o poder de uma pessoa (deLoozeet al., 2016) e reduzir as cargas biomecânicas (Huysamen et al., 2018). Um potencial suporte de exoesqueleto passivo nos membros inferiores é a cadeira sem cabo (noonee AG, Suíça, modelo: mechpunk). Projetada para reduzir a carga física associada com permanência prolongada em locais de trabalho em pé e caracterizado por restrições de espaço sem a possibilidade de usar cadeiras ou auxiliares de pé e não pode ser adaptado adequadamente ajustado à antropometria dos trabalhadores. A cadeira Chairless consiste em dois suportes de plástico usados nos membros inferiores com um assento de concha no topo de cada suporte. Isso permite queo usuário sente em diferentes alturas de assento e redz 60% da carga física (ou seja, peso corporal) transportado pelos membros inferiores podendo ser transferido para o solo pelos suportes do exoesqueleto (Luger et al., 2019b).</p>
9	<i>Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0</i>	Adem; Çakit; Dagdeviren	SN Applied Sciences	2020	Turquia	<p>Este estudo usou a abordagem de priorização HesitantFuzzyAnalyticHierarchyProcess para determinar a classificação de riscos, que surgiram com o uso da Indústria 4.0. Neste artigo, possíveis riscos à saúde e segurança ocupacional dos selecionados métodos consistiam em distúrbios relacionados aos olhos, fadiga mental, distúrbios decorrentes da posição estática de trabalho, exposição a partículas perigosas desconhecidas como resultado da cooperação com robôs e pressão psicológica (decorrente do problemas de adaptação a funções que requerem criatividade). De acordo com os resultados, os dois fatores de risco mais importantes foram fadiga mental e pressão psicológica. A fadiga mental como o principal fator de risco não era inesperada devido a os muitos encontros entre humanos e máquinas. No entanto, com relação à pressão psicológica, não fomos capazes interpretar os resultados da mesma forma que no caso de fadiga mental. A pressão psicológica é um problema complicado e é necessária uma investigação mais aprofundada e detalhada.</p>

Fonte: Autor (2020)

Quanto ao conteúdo dos artigos, temos uma variante de abordagens, que serão divididas neste trabalho por itens para melhor compreensão e aprimoramento do construto de ideias.

### **7.1.2 SST no domínio da Indústria 4.0**

Desenvolver uma estratégia eficiente com relação à segurança do trabalho, minimização dos impactos dos acidentes e doenças ocupacionais, bem como preservar às áreas da saúde humana, são o foco de estratégias de segurança por meio de informações, uma área de estudo e análise por meio das tecnologias fomentadas na Indústria 4.0 (WANG; WU, 2019).

“A tecnologia da Indústria 4.0 e a gestão ocupacional, devem estar unidas quanto aos avanços tecnológicos de forma a melhorar a segurança do trabalhador e do ambiente de trabalho enquanto melhora a eficiência e otimiza a produção” (LIU et al., 2020, p. 2).

### **7.1.3 Dispositivos Vestíveis – uma opção aos EPIs**

Pôde-se notar que alguns dos estudos levantados contemplam o uso dos “dispositivos vestíveis”, conhecidos pela terminologia de *wearables*. Estes dispositivos têm como propósito principal o monitoramento e proteção contra as desordens musculoesqueléticas (IPPOLITO; CONSTANTINESCU; RIEDEL, 2020; LO PRESTI *et al.*, 2020; STEINHILBER *et al.*, 2020).

Os sistemas serão equipados com técnicas de monitoramento por meio de dispositivos que fazem o monitoramento de parâmetros (...). Máquinas inteligentes são capazes de detectar sentimentos e precisar interpretações de emoções humanas e situações de risco. Robôs rápidos e precisos realizando atividades de iminência de acidentes. Custos e erros vão ser reduzidos por meio de processos de simulação, reduzindo desperdícios, estresse relacionado ao labor e conseqüentemente doenças ocupacionais (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUSSI, 2018, p. 408).

De acordo com as estatísticas do Inquérito Europeu sobre Condições de Trabalho, 43% dos trabalhadores europeus reclamam de dor nas costas; seguido por dores musculares no pescoço e/ou membros superiores (42%); fadiga excessiva (35%) e dores musculares nos quadris e membros inferiores (29%) (IPPOLITO; CONSTANTINESCU; RIEDEL, 2020).

No artigo *A Multi-Parametric Wearable System to Monitor Neck Movements and Respiratory Frequency of Computer Workers* (LoPrestiet *al.*, 2020) é desenvolvido um “dispositivo vestível” que monitora por meio de sensores os movimentos repetitivos de pescoço e flexão da cabeça, que causam a dor no pescoço, e sucessivamente distúrbios musculoesqueléticos.

O estudo foi feito junto a trabalhadores de escritório devido ao tempo sentados em posturas inadequadas e prolongadas, além das condições estressantes dos trabalhadores que podem causar uma maior ativação dos músculos do pescoço.

Além desse monitoramento dos movimentos, outro objetivo de controle é a frequência respiratória durante atividades de trabalho devido à carga cognitiva, de estresse emocional, dor e desconforto da maioria dos serviços que requerem o uso de computadores em tempo integral. Este parâmetro demonstrou estar relacionado à carga cognitiva, e tem implicações para trabalhadores expostos a tarefas altamente exigentes (LO PRESTI *et al.*, 2020).

Os *wearables* são dispositivos vestíveis, que neste estudo trazido, são coláveis (bandagem com sensores) em pontos-chaves da cervical capazes de coletar informações quantitativas das posturas do pescoço e respiração.

No caso do estudo de LoPrestiet *al.*(2020), dois sensores FBG (Bragg de fibra) foram encapsulados em uma matriz flexível para ter um sistema robusto no qual repassa as informações para um sistema de monitoramento (princípio IoT), capaz de avaliar os ângulos de rotação, flexão e extensão de pescoço, além de frequência respiratória.

Após, foi feita uma análise dos dados coletados sendo imputados em um sistema 3D de coordenadas (princípio da digitalização); esse sistema faz uma análise estatística dos dados e comparativos por meio da programação de informações de ângulos e frequências respiratórias consideradas “positivas” (princípio do Big Data) (LO PRESTI *et al.*, 2020).

Um sistema 3D é definido como

Um sistema discreto que fornece informações quantitativas sobre os mencionados parâmetros podendo ser útil para prevenir os efeitos de posturas erradas prolongadas e posições inadequadas em trabalhadores que trabalham com computadores (LO PRESTI *et al.*, 2020, p. 536).

Os exoesqueletos são trazidos como uma abordagem redutora de distúrbios musculoesqueléticos nos artigos: *Postural Control when Using an Industrial Lower Limb Exoskeleton: Impact of reaching for a Working Tool and External Perturbation* (STEINHILBER *et al.*, 2020) e *Holistic planning and optimization of human-centred workplaces with integrated Exoskeleton technology* (IPPOLITO; CONSTANTINESCU; RIEDEL, 2020).

Os exoesqueletos dão suporte ao desempenho ocupacional na realização de tarefas extremamente físicas, sendo uma forma de intervenção e redução da exposição física que contribui para os distúrbios musculoesqueléticos (STEINHILBER *et al.*, 2020). Ainda Ippolito; Constantinescu; Riedel (2020) citam que

O suporte dos exoesqueletos pode ser usado para segmentos individuais do corpo humano, como pernas, mãos, coluna lombar, braços ou ombros. Cada uma dessas partes do corpo deve ser estudada especificamente para desenvolver um adequado exoesqueleto. A singularidade de cada empresa, que atua neste campo, é tratar segmentos específicos do corpo humano. Exoesqueletos industriais se adaptam à estrutura dos membros, articulações e músculos do trabalhador através de segmentos, oferecendo a ele, que seja inteligente, sendo flexível e preciso, e tendo potência e resistência (IPPOLITO; CONSTANTINESCU; RIEDEL, 2020, p. 205).

Steinhilber *et al.*, (2020) elaboraram um protótipo de exoesqueleto para os membros inferiores usando na simulação experimentos de rotinas de trabalho. O protótipo foi usado em atividades com rotação de tronco (trabalhos em bancada), sendo o exoesqueleto passível de ser usado em três posições (180°, 120° e 90°), ideal para espaços apertados.

Ainda foi feito o experimento do uso dos exoesqueletos em um ambiente colaborativo com robôs, de forma em que a postura e ergonomia do trabalhador fossem preservadas.

Todos os experimentos passaram por um sistema de *data analysis* (análise de dados – princípio do *Big Data* por meio de IoT) onde houve registro de tempo nas posições; ângulos e movimentos; e monitoramento de posturas, a fim de se ter uma estatística postural.

Além disso, por meio da entrada desses dados e procedimentos estatísticos, foi possível construir informações relevantes quanto aos riscos de queda ao alcançar objetos na extremidade lateral da área de alcance e risco de cair após uma perturbação externa, principalmente em ambientes com interação de robôs (STEINHILBER *et al.*, 2020).

No estudo de Ippolito; Constantinescu; Riedel (2020) são levantados os benefícios dos exoesqueletos, a sua composição material, bem como as abordagens metodológicas nos quais os mesmos podem ser usados e implementados dentro das plantas fabris, gerando proteção e maior ergonomia nos ambientes produtivos.

Os autores fazem uma abordagem holística, sobre como integrar o exoesqueleto na área de produção por meio dos tipos de operações (avaliação de operação e tarefa e verificação ergonômica dos movimentos):

- Análise e avaliação ergonômica local de trabalho, dos produtos e das ferramentas de trabalho (feita por meio de análise de tempos e métodos e usando o processo de simulação por meio de *software* apropriado capaz de criar acoplamento entre humano e exoesqueleto);
- Avaliando os tipos de exoesqueletos apropriados para os trabalhadores daquele ambiente - por meio de modelagem digital por métodos de *TaskAnalyse Toolkit* usado para ergonomia (IPPOLITO; CONSTANTINESCU; RIEDEL, 2020).

Com esse método (utilização de exoesqueleto) é possível analisar as partes do corpo que estão suscetíveis a doenças musculoesqueléticas e selecionar o melhor exoesqueleto para o ambiente de trabalho, gerando uma personalização para diferentes tipos de ambientes e setores (IPPOLITO; CONSTANTINESCU; RIEDEL, 2020).

Com essas possibilidades, os profissionais de ergonomia podem acompanhar e monitorar os dados a fim de atuar em cima dos mesmos para a correção e minimização de doenças e acidentes ocupacionais.

Intervenções adequadas de saúde ocupacional e segurança (por exemplo, capacitação em ergonomia e programas de gestão de deficiência) podem ser suficientes para reduzir os sintomas dos distúrbios e contrastar seus impactos negativos na sociedade e nos locais de trabalho (LO PRESTI *et al.*, 2020).

#### **7.1.4 Robôs Colaborativos e ambientes de trabalho**

As empresas de manufatura devem considerar o elemento humano como essencial e valioso, melhorando as condições de trabalho e desenvolvendo a

produção centrada no ser humano. Nesse contexto, um papel importante é o desempenhado pela ergonomia relacionada ao trabalho (GUALTIERI *et al.*, 2020).

Tendo em vista a relação entre os aspectos físicos, cognitivos e organizacionais da interação entre homens e sistemas, dois trabalhos recuperados do *Methodi Ordinatio* tratam dos robôs colaborativos seus requisitos, especificações, benefícios à SST e posto de trabalho: *Design of Human-Centered Collaborative Assembly Workstations for the Improvement of Operators' Physical Ergonomics and Productions Efficiency: A Case Study; Safety, Ergonomics and Efficiency in Human-Robot Collaborative Assembly: Design Guidelines and Requirements*, ambos de Gualtieri *et al.* (2020).

O objetivo da interação humano-robô é a combinação das forças da automação com as habilidades únicas do ser humano, criando um ambiente seguro que gera maior lucro em um ambiente comum de trabalho. A interação humana-robô nos postos de trabalho melhoram as condições de trabalho do operador ao mesmo tempo em que há melhoria produtiva (GUALTIERI *et al.*, 2020).

A conversão para este sistema de interação humano-robô visa melhorar a ergonomia física dos operadores, em termos de redução da sobrecarga biomecânica, e melhorar a produtividade da empresa, em termos de tempo de ciclo (GUALTIERI *et al.*, 2020).

Antes de começar com a conversão da estação de trabalho, é necessária a análise preliminar por meio da aplicação de dois algoritmos (princípio de IA). Um é dirigido à avaliação físico-ergonômica, enquanto o outro visa avaliar a viabilidade do uso de robótica (GUALTIERI *et al.*, 2020).

Gualtieri *et al.*, (2020) também relatam que é necessária a obtenção da maximização do bem-estar do operador durante a interação com o robô e com outros elementos da estação de trabalho em termos físicos e cognitivos, bem como obter a minimizaçãodos tempos e os custos das tarefas manuais, robóticas e tarefas colaborativas.

Esses mesmos autores fizeram um estudo de caso aplicado que apresentou melhorias nos aspectos das funções manuais e posturais, além de trazer eficiência produtiva.O principal motivador para a conversão para um sistema colaborativo é a melhoria física dos operadores.

Os autores propõem um modelo sugerindo a implementação segura com os passos a serem analisados de forma a minimizar riscos ocupacionais, tanto nas atividades repassadas aos robôs como na interação entre homem e máquina seja introduzida de maneira segura, não gerando outros tipos de situação ocupacional) (GUALTIERI *et al.*, 2020).

### **7.1.5 Tecnologias da I4.0 aplicadas à prevenção de acidentes e doenças ocupacionais.**

No artigo *Modelling a Safety Management System Using System Dynamics at the Bhopal Incident* (DI NARDO *et al.*, 2020), os autores fizeram uma avaliação das causas de um grande acidente de trabalho (Desastre de Bhopal) e uma perspectiva de prevenção do mesmo por meio do uso de I4.0, criando estratégias de segurança hipotéticas para esse evento, e que ficam de sugestão para serem replicadas em outros ambientes de trabalho.

O acidente de Bhopal é um dos exemplos mais importantes da falta de segurança devido à falta de políticas e planos de manutenção, à inexistência de capacitação contínua e à falta de investimentos na gestão ocupacional (CETESB, 2020; DI NARDO *et al.*, 2020).

Este desastre ocorreu em 1984 devido a um vazamento de gás ocorrido em uma fábrica de pesticidas em Bhopal (Índia) e foi considerado o pior desastre industrial da história, no qual mais de 500.000 pessoas foram expostas ao gás isocianato de metila. A substância altamente tóxica atingiu várias pequenas cidades localizadas ao redor da fábrica (CETESB, 2020; DI NARDO *et al.*, 2020).

O artigo mostrou as inter-relações entre os principais aspectos que influenciaram o acidente de Bhopal e o uso das tecnologias existentes para a minimização de erros, evitando causar acidentes de trabalho dessa proporção.

Os autores Di Nardo *et al.*, (2020) verificaram que o risco de falha de máquina, um dos causadores deste acidente, poderia ser controlado de forma mais inteligente por meio de sensores que monitorassem o estado de saúde de máquinas e ambientes fabris, por meio de análise de *big data* de forma a realizar o gerenciamento de risco em tempo real, sendo essencial principalmente em setores que lidam com riscos químicos.



Já o fator de erro humano também poderia ser evitado investindo em capacitação e em tecnologias inteligentes. Em particular, para isso, poderiam ser usadas as tecnologias de realidade aumentada (RA), que seriam uma possibilidade para execução de atividades de manutenção de forma mais segura, por exemplo. O artigo ainda sugere que as viseiras de realidade aumentada poderiam ser utilizadas pelos operadores para acessar as informações necessárias para a realização das atividades de manutenção diretamente na área de trabalho, sem a necessidade de consultar o manual tradicional impresso (DI NARDO *et al.*, 2020).

Enfatizando uma gestão ocupacional preventiva e não reativa, os autores reforçam a importância de se medir o desempenho e fazer previsões futuras para possíveis eventos de acidentes. Para isso, é citada a questão das densas redes de sensores usados tanto nas máquinas, como nos ambientes e nos equipamentos de proteção, sendo capazes de gerar uma quantidade enorme de dados, a fim de gerenciá-los e analisá-los, permitindo a previsão de possíveis cenários de acidentes e levando a intervenções direcionadas (DI NARDO *et al.*, 2020).

Também é possível verificar o uso das tecnologias da I4.0 sendo utilizadas para a detecção da probabilidade de doenças ocupacionais.

No artigo *Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning* (MASSÍRIS FERNÁNDEZ *et al.*, 2020) é feito o acompanhamento e monitoramento de métodos ergonômicos com a ajuda das tecnologias da I4.0.

Várias tecnologias disruptivas relacionadas à I4.0 estão permitindo ferramentas e modelos proveitosos para o estudo e avaliação ergonômica.

Massíris Fernández *et al.*, (2020) propuseram uma metodologia baseada em visão por computador capaz de fornecer avaliação ergonômica consistente e robusta, superando as limitações das abordagens atuais.

Foram realizados estudos com grupos de pessoas em tarefas de trabalho diversas, mas que tinham em comum o movimento repetitivo de membros superiores.

Foi analisada a interação entre homem e trabalho a fim de detectar os movimentos repetitivos, força aplicada e amplitude do movimento angular para as profissões de flanelinha de aviões, servente de obra e bombeiro. Para cada uma dessas profissões, os autores analisaram duas tarefas de trabalho onde existia uma

grande frequência de repetição de movimentos dos membros superiores (MASSÍRIS FERNÁNDEZ *et al.*, 2020).

Para avaliação das tarefas de trabalho, foi usado um *software* de código aberto com aprendizado de máquina (princípio do *MachineLearner*) que permite a leitura e detecção de articulações e membros a partir de imagens e vídeos digitais em tempo real. São usadas e programadas possíveis posturas para essas atividades. Após recolhimento das posturas pelas filmagens, é feita uma abordagem da movimentação do corpo e é criado um modelo vetorial das posições apresentadas, comparando com as armazenadas, a fim de verificar as diferenças entre os ângulos dos movimentos e garantir confiabilidade ao modelo (MASSÍRIS FERNÁNDEZ *et al.*, 2020).

Após utilizou-se essas estimativas vetoriais de cada postura detectada nas imagens para uma aplicação automática do modelo de RULA (*Rapid Upperlimb assessment*), que é uma Análise Rápida dos Membros Superiores.

Esse é um método simples de levantamento de informações com fins na investigação ergonômica nos postos de trabalho que possuam potencial causador de distúrbios musculoesqueléticos muito usado para esse tipo de análise ergonômica (CAPELETTI, 2013; MASSÍRIS FERNÁNDEZ *et al.*, 2020).

Observou-se neste estudo, feito por Massíris Fernández *et al.* (2020), o uso e aplicação das tecnologias da I4.0 para auxiliar, facilitar e otimizar a gestão e elaboração de relatórios ergonômicos já existentes, que podem dar maior precisão para a conclusão de riscos de doenças ocupacionais, nesse caso em específico, sobre a exposição de indivíduos à posturas que podem causar lesão por esforço repetitivo (CAPELETTI, 2013).

#### **7.1.6 Sistema de Segurança 4.0**

A possibilidade de um ambiente integrado e digitalizado, onde as coisas se interconectem é o propósito das mudanças conhecidas como Indústria 4.0. No entanto essa opção não está somente para conexões entre máquinas e o ambiente, mas também para pessoas e o ambiente de forma a se ter uma gestão funcional, ocupacional e de segurança alinhadas (ASLAN, 2019).

É sugerindo um ambiente interconectado em prol da saúde e segurança do trabalho que Sun *et al.* (2020) no artigo *Health Operator 4.0: A Human Cyber-*

*Physical System Architecture for Smart Work places* abordaram novas formas de interação entre homem e máquina de forma a produzir força de trabalho inteligente e gerar impactos positivos à produção.

Os avanços recentes em tecnologias de detecção e IoT, especialmente aplicadas a tecnologias vestíveis, fornecem novas soluções para monitoramento em tempo real, tornando possível o desenvolvimento de aplicativos relacionados à saúde (SUN *et al.*, 2020).

Tendo isso em vista, este artigo visou caracterizar primeiramente um Operador 4.0 que seria habilitado com tecnologias que fortalecem características que poderiam ser prejudiciais ao próprio colaborador.

Esse colaborador é considerado um “operador virtual” por meio de equipamentos de realidade virtual e/ou aumentada, é um operador com “super força” por meio do uso dos exoesqueletos; é um operador “mais inteligente” habilitado por soluções baseadas em assistente pessoal inteligente; e é um operador mais saudável habilitado por tecnologias vestíveis combinadas com técnicas de análise de dados avançada (SUN *et al.*, 2020).

Os autores propõem que além do Operador 4.0, é necessário um ambiente propício e que faça com que estas habilidades agregadas sejam mais bem aproveitadas, afinal para se ter um colaborador saudável (relacionado a interações físicas e cognitivas) é necessário um sistema focado na saúde e bem estar dos mesmos, facilitando a capacitação dos operadores, permitindo criação de conhecimento relevante e possibilitando a inclusão de seus comportamentos a modelagem do ambiente (SUN *et al.*, 2020).

É necessário para isso, a reunião de todos os aspectos relacionados à saúde dos operadores, possibilitando o aprendizado de regras a partir dos diferentes comportamentos, incluindo o “*benchmark* sobre o impacto na saúde de diferentes rotinas de trabalho do operador” (SUN *et al.*, 2020, p. 4).

Sun *et al.* (2020) ainda fala sobre o sistema

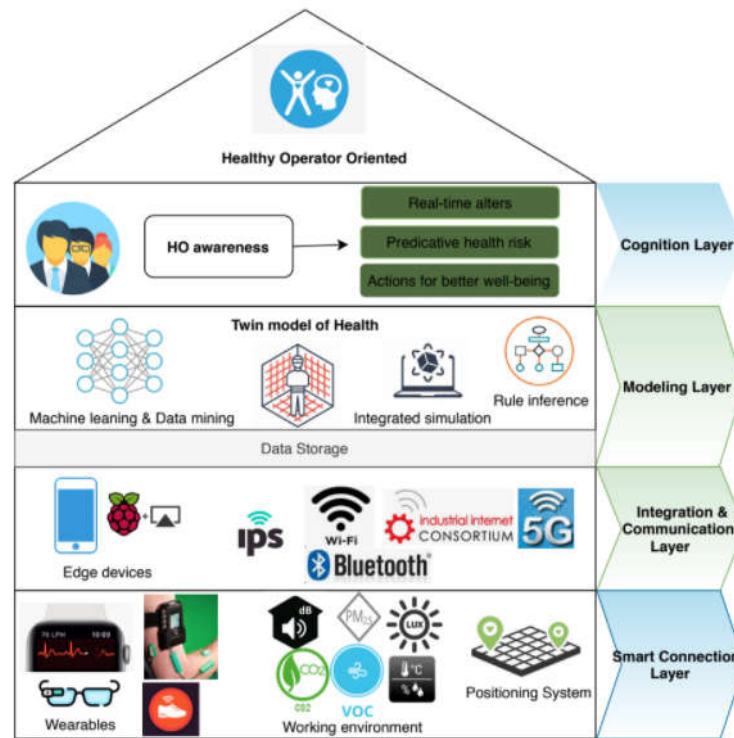
É alimentado por redes IoT, tecnologias vestíveis, ambiente inteligente e tecnologias de modelagem. Não só permite informações de risco à saúde em tempo real e alerta sobre esses, como também possibilita simular o comportamento futuro dos operadores para inferir e prever a evolução de seu comportamento em intervalos de médio e longo prazo, com o objetivo de reduzir o desempenho quanto à carga de trabalho cognitiva e física do operador e aumentar o bem-estar por meio da segurança e saúde Ocupacional. Dessa forma trabalha-se a satisfação, afeto relacionado ao

trabalho aumenta-se consecutivamente a produtividade no contexto da Indústria 4.0 (SUN *et al.*, 2020, p. 4).

Para a realização dessa estruturação, se faz necessário a interligação de várias conexões por meio do uso de Sistema Cyber Físico (CPS). As conexões necessárias elencadas por Sun *et al.* (2020) são:

- 1- Camada de conexões inteligentes (*Smart Connection Layer*): precisão de dados por meio de dispositivos vestíveis como relógios, pulseiras inteligentes, etc. e sensores de ambientes capazes de monitorar as condições de trabalho;
- 2- Camada de integração e comunicação (*Integration and Communication Layer*): composto principalmente de dispositivos ou *gateways* com computação de ponta, que podem ser *smartphone*, *tablet*, roteador ou computador, capazes de armazenar dados e se comunicar com o sistema para, por exemplo, monitorar comportamentos psicológicos e detecção de condições ambientais;
- 3- Camada de modelagem (*Modeling Layer*): capaz de realizar a união entre os dados fornecidos pelas camadas anteriores e modelar o sistema de forma a ser aplicável, gerando possibilidade de simulações relevantes. Geralmente é feito em um servidor em nuvem;
- 4- Camada de cognição (*Cognition Layer*): por meio do modelo criado, é possível obter-se um sistema de monitoramento para a prevenção de operadores, gestão de máquinas e ambientes. Com esses resultados é possível a tomada de decisão por meio de apresentação de técnicas de visualização de dados (*machine learning*).

Figura 6: Concepção do Ambiente de Segurança



4.0

Fonte: Sun *et al.* (2020, p. 5)

Como validação do sistema proposto, os autores ainda fizeram a aplicação do ambiente de Segurança 4.0 e Operador 4.0 em uma empresa de logística no setor de operadores de guindaste, onde obtiveram resultados positivos e uma performance bem sucedida do modelo como um todo (Sun *et al.*, 2020).

Desta forma é possível avaliar todas as perspectivas positivas que podem ser agregadas com o uso das tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à SST, minimizando a incidência de acidentes e doenças ocupacionais como um todo.

### 7.1.7 Desafios da I4.0 na SST

O objetivo primário da Indústria 4.0 é atingir as necessidades do mercado de forma mais rápida e eficiente, no entanto, quando se trata da segurança e saúde do trabalhador, surgem alguns questionamentos sobre as aplicações e modificações trazidas por essas tecnologias (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUSSI, 2018; LIU *et al.*, 2020).

Adem; Çakit; Dagdeviren (2020) refletem sobre os possíveis riscos em termos de SST provenientes do novo ambiente de trabalho das *Smart Factories*, além de estudá-los, agrupá-los e priorizá-los.

O artigo faz o levantamento por meio da metodologia de aplicação difusa na priorização de riscos baseado em publicações sobre os riscos e impactos negativos da Indústria 4.0 sobre o olhar da gestão ocupacional.

Alguns fatores de potencial risco dentro da nova realidade são desordens relativas à visão ou problemas nos olhos (principalmente inerentes a interações com telas e dispositivos digitais de leitura e análise); fadiga mental; distúrbios decorrentes de posições estáticas de trabalho; exposição a agentes desconhecidos (perigosos) devido a cooperação com robôs; e pressão psicológica derivada de problemas de adaptação às funções que requerem criatividade (ADEM; ÇAKIT; DAGDEVIREN, 2020).

Quanto a isso Badri; Boudreau-Trudel; Soussi (2018) já haviam abordado que as intensas interações com as máquinas realizadas em vários segmentos da gestão e organização do trabalho podem trazer prejuízos principalmente de cunho psicológico. O que preocupa é que esse tipo de risco, atualmente ainda é considerado um desafio em termos de mensuração, e que nesta nova era tecnológica, pode ser pior ainda de mensurar.

Os mesmos autores também relatam a necessidade de colaboradores cada vez mais bem preparados e com habilidades diversas. Isso faz com que se aumente a curva de tempo de aprendizados dos colaboradores o que pode fazer com que essa dificuldade de adaptação e conhecimento com as novas tecnologias, podendo gerar uma variedade de riscos ocupacionais, principalmente para aqueles colaboradores que têm um nivelamento escolar menor ou então que tenham mais idade. Dessa forma, essas novas ferramentas, não testadas, e modelos ainda não consolidados podem trazer um dano sério a saúde e segurança dos colaboradores (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUSSI, 2018).

## **7.2 Aplicação do Modelo de Avaliação do Nível Maturidade das Tecnologias da I4.0 aplicados à SST**

Finalizada a análise dos nove artigos, iniciou-se o processo de aplicação do modelo para avaliar a maturidade do uso destas tecnologias em Segurança e Saúde do Trabalho.

Os níveis de maturidade auxiliam na avaliação e compreensão das competências-chave da organização e é um importante mecanismo para a gestão dos processos e melhoria contínua dos mesmos dentro de uma organização (KOSIERADZKA, 2017).

Dentre as três etapas do desenvolvimento de um modelo de maturidade: elaboração, aplicação e validação do modelo (WENDLER, 2012), este trabalho abordou somente a primeira.

A aplicação do modelo de maturidade baseou-se no modelo proposto por Lunelli e Cecconello (2019), o qual apresenta uma arquitetura em níveis, e foram feitas adaptações para que o modelo fosse focado especificamente para aplicação na área de SST.

### **7.2.1 Aplicação do Modelo de Avaliação**

Inicialmente foram pesquisados na literatura modelos de avaliação do nível de maturidade da Indústria 4.0 (BASSETO, 2019; DANTAS, 2019; LUNELLI; CECCONELLO 2019; RIBEIRO, 2018; SANTOS, 2018; VENÂNCIO; BREZINSKI, 2017).

A partir de então, foi selecionado o modelo de Lunelli e Cecconello (2019), o qual foi considerado que seria melhor adaptável para avaliar a área de SST.

Esse modelo foi proposto originalmente por Sener, Gökalp e Eren (2017) e apresenta uma arquitetura em níveis, em que o objetivo do trabalho é criar uma base comum para realizar uma avaliação de tecnologias da Indústria 4.0 e orientar as empresas para alcançar um estágio de maturidade mais elevado.

Conforme estudo e análise do modelo, foi proposto um questionário de perguntas e questionário para aplicação *online* (Google Forms), de forma a conseguir avaliar o nível em que as empresas se encontram no que tange o uso das tecnologias da I4.0 em SST. O questionário na íntegra pode ser acompanhado no Apêndice A.

A elaboração do questionário foi feita tendo em vista pontos específicos de SST que são de suma importância para a gestão e minimização de acidentes de trabalho (gestão e uso de EPIs; avaliação de riscos; treinamentos e simulação de segurança; controle de acesso a zonas perigosas; manutenção preventiva de máquinas e equipamentos; identificação de padrões de acidentes com base nos registros de CAT; substituição do homem em atividades perigosas e controle ocupacional).

Tendo em vista esses aspectos, elaborou-se uma estratégia para, além de avaliar a forma com que são feitos esses procedimentos: (i) manualmente; (ii) manual e automático; e (iii) automático, exemplificar as ações de forma com que o respondente do questionário consiga visualizar e identificar de forma prática a realidade exposta com a realidade da empresa em que representa.

O questionário também visou identificar de que forma são feitas as atividades. Para isso, quatro componentes da indústria 4.0 relacionavam-se com as respostas: (i) Sistemas Ciber-Físicos; (ii) Internet das Coisas; (iii) Internet de Serviços; e (iv) Fábricas Inteligentes.

As respostas foram avaliadas em níveis, conforme propõe Lunello e Cecconello (2019), podendo variar entre: 0 (Inexistente), 1 (Iniciado), 2 (Gerenciado), 3 (Estabelecido), 4 (Previsível), 5 (Otimizado), conforme exposto na metodologia deste trabalho.

### **7.2.2 Tentativas de Aplicação e Validação do Modelo**

Tendo em vista a necessidade de aplicar o modelo, buscou-se fazê-lo no segmento da construção civil, devido a necessidade urgente de reavaliação dos métodos que previnam acidentes e doenças ocupacionais nesse setor (IBGE, 2016; POSCHEN, 2016).

A aplicação do modelo dentro do segmento da construção civil justificou-se também devido a ser elencado pela Associação Brasileira de Automação (2019) como um dos quatro setores que tem percebido a necessidade da transformação digital e tem iniciado o uso e transição para uma produção 4.0. Ainda é citado que “a tecnologia atual foi a solução encontrada para o setor de construção civil para desenvolver novas técnicas construtivas e, sobretudo, investir na automatização



empresarial, a fim de evitar, ao máximo, a interferência humana” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO, 2019).

Além disso no artigo *BuldingInformationModelling (BIM) toEnhanceOccupationalSafety in ConstructionActivities: ResearchTrendsEmergingfromOneDecadeofStudies* de Fagnoli e Lombardi (2020) relata que a indústria da construção civil tem se aprimorado ao longo dos anos, se tornando competitiva tecnologicamente, além de estar usando desses adventos tecnológicas para minimizar os danos e criar um ambiente mais seguro em termos laborais.

Os autores fazem uma revisão sistemática da literatura mostrando o desempenho e o avanço do setor em termos de prevenção de acidentes por uso de BIM, que traduzindo seriam Modelos da Informação da Construção.

Essa revolução, às vezes chamada de "Indústria 4.0", depende da implementação combinada de tendências tecnológicas, como digitalização, computação em nuvem, inteligência artificial, robotização e a Internet das Coisas (IoT).

(...)

A indústria da construção também é amplamente influenciada por essas novas ferramentas tecnológicas, de modo que alguns autores definem tal processo com o termo “Construção 4.0”. Em particular, entre as tecnologias de informação e comunicação que estão transformando as atividades construtivas, o processo de Modelagem de Informação de Construção (BIM) desempenha um papel fundamental graças ao seu múltiplo de aplicações transdisciplinares.

(...)

Nesse contexto, vários estudos abordaram o uso do BIM para o gerenciamento da saúde e segurança na construção civil, minimizando problemas (FARGNOLI; LOMBARDI, 2020, p. 1 – 2).

Dessa forma, das 120 empresas consultadas através do questionário, nenhuma retornou a presente pesquisa.

Por este motivo, não foi possível realizar todas as etapas de aplicação e validação do modelo de maturidade proposto e foi realizada somente a elaboração do modelo.

Compreende-se que pelo momento atual vivido (situação pandêmica) a atenção das empresas devem estar focadas na minimização dos efeitos do Covid-19, não dando espaço para o contato feito. No entanto, compreende-se também que a falta de recusa e retorno não está associada ao modelo proposto e nem ao setor escolhido, tendo em vista as referências nacionais e internacionais para o tema.

Fica como sugestão para futuros estudos a aplicação da pesquisa, seja ele *online* (conforme proposto) ou até de maneira presencial, após estabelecimento da nova normalidade pós-pandemia.

Frisa-se ainda que o modelo proposto é inédito, pois não havia até então um modelo de avaliação de maturidade da utilização de tecnologias da I4.0 na SST.

A gestão ocupacional é considerada um gargalo para otimização, lucratividade e desempenho das empresas (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUSSI, 2018), dessa forma, este modelo elaborado torna-se promissor.

## **8 Considerações Finais**

O presente trabalho teve como tema a abordagem da aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à Segurança e Saúde do Trabalho visando a minimização de acidentes de trabalho. Desta forma, buscou-se soluções práticas, otimizadas e preventivas devido ao contínuo índice de situações ocupacionais que prejudicam tanto a vida e bem estar dos colaboradores, como as rotinas produtivas e eficiência do trabalho.

Devido à mudança de paradigma vigente nos modelos industriais e produtivos, denominada Indústria 4.0, a vertente de aplicação de novos modelos para a realidade ocupacional do colaborador também se faz relevante, pois novas estruturas e modificações na forma de “como se fazem as coisas” afetam não só ao modelo produtivo em si, mas também a capacidade laboral, permitindo com que novas realidades e medidas de prevenção sejam aplicadas.

Desta forma, constatou-se que o objetivo geral de realizar uma revisão da literatura a fim de encontrarem-se publicações sobre novas proposições se concretizou. Apesar de ainda serem poucos os estudos que trazem sugestões de inovações dentro do tema proposto, existe um interesse em movimento da comunidade acadêmica a fim de se estudar e aprofundar sobre as possibilidades para esse olhar ocupacional.

Sendo assim, percebe-se que os autores já trazem soluções inventivas de prevenção, principalmente nos aspectos ergonômicos e de prevenção de acidentes.

Ressalta-se ainda o modelo projetado de um ambiente de Segurança 4.0 que conta com a intensa colaboração do Operador 4.0, trazendo um ambiente

interconectado, interativo e simultâneo, que trará benefícios múltiplos, tanto para a corporação que se beneficiará de um controle nunca visto sobre os seus fatores de produção, como para o bem estar do colaborador e sua interação com o ambiente, propiciando ao mesmo a segurança e bem estar no labor.

Sabendo da importância dessas novas aplicações às corporações, realizou-se a elaboração do modelo de maturidade das tecnologias I4.0 aplicado à SST. Desta forma, o modelo conta com a possibilidade de se nivelar as corporações quanto as suas iniciativas e desenvolvimento em gerar um ambiente seguro e produtivo por meio do uso de tecnologias como CPS, IoT, inteligência artificial e *machinelearning*.

Sendo assim, considera-se promissora as possibilidades de uma gestão ocupacional preventiva e simultânea, como exemplo, são os alertas aos operadores sobre a possível exposição à produtos e/ou ambientes perigosos, alertas sobre colisões com equipamentos pesados em movimento ou, até mesmo, ajuda na prevenção ergonômica com relação a movimentos corporais e posturas (SUN *et al.*, 2020).

Modelos e estudos, como os obtidos como resultados deste trabalho fazem com que se reconsidere a maneira de gerir a segurança e saúde do trabalhador, tornando a mesma propositiva, prática, simultânea e eficiente.

São promissoras as perspectivas quanto ao uso das tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à SST, de forma a ser, por sua característica de sincronicidade com o sistema e capacidade de tomada de decisão em tempo real por meio do uso de dados e características precisas, tendo um nível de assertividade maior que será capaz de diminuir significativamente os números de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais, tornando ambientes de trabalho seguros, produtivos e justos em termos da relação entre ambiente de trabalho e colaborador.

## Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e Documentação – Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: Informação e Documentação – Citações em Documentos – Apresentação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14280: Cadastro de acidente do trabalho - procedimento e classificação**. Rio de Janeiro. ABNT, 2001.
- ADEM, A.; ÇAKIT, E.; DAĞDEVIREN, M. **Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0**. SN Applied Sciences, v. 2, n.977, p. 1-6. Abr. 2020.
- AFONSO, M. H. F. *et al.* **Como Construir Conhecimento Sobre O Tema De Pesquisa? Aplicação Do Processo Proknow-c Na Busca De Literatura Sobre Avaliação Do Desenvolvimento Sustentável**. Revista de Gestão Social e Ambiental, São Paulo, SP, v. 5, n. 2, p.47- 62, mai./ago. 2011.
- ALMEIDA, P. C. A.; BRANCO, A. B. **Acidentes de trabalho no Brasil: prevalência, duração e despesa previdenciária dos auxílios-doença**. Revista brasileira de Saúde ocupacional, São Paulo, SP, v. 36 (124), p. 195-207, 2011.
- ANAMT, Associação Nacional de Medicina do Trabalho. **Saúde no Trabalho**. 2019. Disponível em: <https://www.anamt.org.br/portal/2019/04/30/construcao-civil-esta-entre-os-setores-com-maior-risco-de-acidentes-de-trabalho/>. Acesso em: 11 Mai. 2020.
- ASLAN, I. **The Role of Industry 4.0 in Occupational Health and Safety**. BingolUniversity, Health Faculty, Occupational Health and Safety Department, p 334 - 345, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO, Blog. **Indústria 4.0: saiba quais setores mais adotam essa tendência**. 2019. Disponível em: <https://blog.gs1br.org/industria-4-0-saiba-quais-setores-mais-adotam-essa-tendencia/>. Acesso em: Nov. 2020.
- BULDING, Blog. Tecnologia na Construção Civil: **As seis empresas pioneiras no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/tecnologia-na-construcao-civil-2/>. Acesso em: Set. 2020.
- BASSETO, A. L. C. **Modelo de Maturidade para a Análise das Indústrias no contexto da Indústria 4.0**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de PósGraduação em Engenharia de Produção, Universidade

Tecnológica Federal  
Paraná, Ponta Grossa, p. 1-183, 2019.

do

BELCHIOR, C.A. **A Terceirização Precariza as Relações de Trabalho? O Impacto sobre Acidentes e Doenças.** Revista Brasileira de Economia. Rio de Janeiro, RJ, v. 72, n. 01, P. 41 - 60. Jan./Mar. 2018.

BIBICBS. **Fator de Impacto: como verificar a métrica e o ranking de periódicos no JCR.** Biblioteca Setorial ICBS UFRGS. 2020. Disponível em <https://www.ufrgs.br/bibicbs/fatordeimpacto/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

BRADI, A.; BOUDREAU-TRUDEL, B.; SOUISSI, A. S. **Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern?** Safety Science. V. 109, p. 403–411, 2018.

BRASIL. Lei 8.213, de 24 de julho de 1991. **Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências.** Diário Oficial, Brasília, 24 jul. 1991.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 9 Condições Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acesso em: 25 jul. 2020.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 17 Ergonomia.** Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acesso em: 25 jul. 2020.

BRASIL. Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978. **NR - 5. Comissão Interna de Prevenção de Acidentes.** In: SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. 29. ed. São Paulo: Atlas, 1995. 489 p. (Manuais de legislação, 16).

BRASIL. Portaria nº 3.733 de 10 de fevereiro de 2020. **Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 18 - Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção.** Ministério da Economia/Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-3.733-de-10-de-fevereiro-de-2020-242575828>. Acesso em: 03 ago. 2020.

BRASIL. Projeto de Lei nº 6.787 de 23 de dezembro de 2016. **Altera o Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943 - Consolidação das Leis do Trabalho, e a Lei nº 6.019, de 3 de janeiro de 1974, para dispor sobre eleições de representantes dos trabalhadores no local de trabalho e sobre trabalho temporário, e dá outras providências.** Congresso Nacional. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2122076>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BRASIL. Proposta de Emenda à Constituição nº 06 de 20 de fevereiro de 2020. **Modifica o sistema de previdência social, estabelece regras de transição e disposições transitórias, e dá outras providências.** Senado Federal. Disponível

em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/137999>. Acesso em: 16 jul. 2020.

CAPELETTI, B. H. G. M. **Aplicação do Método Rulana Investigação da Postura Adotada por Operador de Balanceadora de Pneus em um Centro Automotivo**. Monografia de especialização de Segurança do Trabalho. Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Curitiba, p. 1-43, 2013.

CAPES, Portal de Periódicos. **Web of Science Group disponibiliza atualização do JournalCitationReports**. 2019. Disponível em [https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com\\_pnews&component=NewsShow&cid=750&mn=0](https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pnews&component=NewsShow&cid=750&mn=0). Acesso em: 12 ago. 2020.

CAVALCANTI, L. L.; NOGUEIRA, M. S. **Futurismo, Inovação e Logística 4.0: desafios e oportunidades**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2017.

CAVALCANTI, V. Z.; SILVA, S. M. L. **A Importância Da Revolução Industrial No Mundo Da Tecnologia**. VII Encontro Internacional de Produção Científica, 2011. Disponível em: [https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias\\_vieira\\_cavalcante2.pdf](https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf). Acesso em: 11 mai. 2020.

CETESB, São Paulo. **Análise de Risco Tecnológico**. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/analise-risco-tecnologico/grandes-acidentes/bhopal/>. Acesso em: Nov. 2020.

CNI, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-nobrasil/#>. Acesso em: 11 mai. 2020.

CNI, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Relações Trabalhistas no Contexto da Indústria 4.0**. Brasília, DF, 2017.

DANTAS, R. F. **Aplicação do modelo de maturidade de indústria 4.0 em uma fabricante de bebidas e a implementação de um sistema de gestão de armazenagem como parte de sua estratégia digital**. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Produção. P. 1-100, Brasília, Jun. 2019.

DE CAROLIS, A., MACCHI, M., NEGRI, E., & TERZI, S. **A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies**. In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, Springer, Cham., pp. 13-20.

DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R. **Revisão sistemática: noções gerais**. Revista da Escola de Enfermagem da USP, São Paulo, SP, v. 45, f. 05, p. 1260 - 1266, 2011.

DI NARDO, M. **Modelling a Safety Management System Using System Dynamics at the Bhopal Incident**. Applied Science, v.10, n. 903, p. 1-13, Jan. 2020.

ENIT, Escola Nacional de Inspeção do Trabalho. **Campanha Nacional de Prevenção de Acidentes de Trabalho**. 2019/2020. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/>. Acesso em: 26 Jul. 2020.

ENSSLIN L.; ENSSLIN S. R.; PINTO H. M. **Processo de Investigação e Análise Bibliométrica: Avaliação da Qualidade dos Serviços Bancários**. RAC, Rio de Janeiro, RJ, v. 17, n. 3, art. 4, p. 325-349, Maio/Jun. 2013.

FARGNOLI, M.; LOMBARDI, M. **Building Information Modelling (BIM) to Enhance Occupational Safety in Construction Activities: Research Trends Emerging from One Decade of Studies**. Buildings, v. 10, n. 98, p. 1-23, Mai. 2020.

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Construção Civil**. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/>. Acesso em: 11 mai. 2020.

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Programa de Gerenciamento de Riscos**. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/>. Acesso em: 11 mai. 2020.

FREITAS, A. P. F. **Análise Bibliométrica da Produção Científica sobre Indústria 4.0**. Uberlândia, SP, 2018. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso em Administração - Faculdade de Gestão e Negócios – FAGEN - Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, DF, 23(1):183-184, jan-mar 2014.

GUALTIERI, L. *et al.* **Design of Human-Centered Collaborative Assembly Workstations for the Improvement of Operators' Physical Ergonomics and Production Efficiency: A Case Study**. Sustainability, v. 12, p. 1-23, Abr. 2020.

GUALTIERI, L. *et al.* **Safety, ergonomics and efficiency in Human-Robot Collaborative Assembly: Desing Guidelines and Requirements**. Procedia CIRP, v. 91, p. 367–372, 2020.

HÄMÄLÄINEN, P.; TAKALA, J.; SAARELA, K. L. **Global estimates of occupational accidents**. Safety Science, v. 44, p. 137 - 156, 2006.

HAMSA NANDHNI, N. *et al.* **Accident prevention and detection using internet of Things (IOT)**. International Journal of Intellectual Advancements and Research in Engineering Computations.V. 6, I.1, p. 332 - 338, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 09 jul. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Síntese de Indicadores Sociais: Uma análise das condições de vida da população brasileira**. Ministério do Planejamento e Gestão. 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98965.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2020.

ILO, International Labour Organization. **Segurança e Saúde no Trabalho**. 2018. Disponível em [https://www.ilo.org/lisbon/temas/WCMS\\_650864/lang--pt/index.htm](https://www.ilo.org/lisbon/temas/WCMS_650864/lang--pt/index.htm). Acesso em: 14 jul. 2020.

ILO, International Labour Organization. **Constituição Da Organização Internacional Do Trabalho (Oit) E Seu Anexo - Declaração De Filadélfia** . 1972. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-brasilia/documents/genericdocument/wcms\\_336957.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-brasilia/documents/genericdocument/wcms_336957.pdf). Acesso em: 14 jul. 2020.

INBEC, Instituto Brasileiro de Educação Continuada. **Uma IA prevê acidentes de trabalho na Construção antes que eles ocorram**. Blog INBEC Pós Graduação. Jul. 2019. Disponível em: <https://www.inbec.com.br/blog/uma-ia-preve-acidentes-trabalho-construcao-antes-que-eles-ocorram>. Acesso em: 03 ago. 2020.

INDRA, Company. **Digital Transformation: risks and opportunities for occupational safety**. Blog Neo. 2019. Disponível em: <https://www.indracompany.com/en/blogneo/digital-transformation-risks-opportunities-occupational-safety>. Acesso em: 04 ago. 2020.

INSS, Instituto Nacional do Seguro Social. **Aposentadoria Especial**. Ministério da Economia, 2019. Disponível em: <https://www.inss.gov.br/beneficios/>. Acesso em: 20 jul. 2020.

INSS, Instituto Nacional do Seguro Social. **Benefícios**. Ministério da Economia, 2007. Disponível em: <https://www.inss.gov.br/beneficios/>. Acesso em: 20 jul. 2020.

IPPOLITO, D.; CONSTANTINESCU, C.; RIEDEL, O. **Holistic Planning and optimization of human-centred workplaces with integrated Exoskeleton technology**. Procedia CIRP, v. 88, p. 214–217, Jul. 2019.

IT FORUM, 365. **Ambev torna open source algoritmo de projeto de inteligência artificial**. 2019. Disponível em: <https://itforum365.com.br/amb-ev-torna-open-source-algoritmo-de-projeto-de-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 20 jul. 2020.

INTEC, SITE INTEC BRASIL. **Ranking das 100 maiores construtoras do Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.100maioresconstrutoras.com.br/>. Acesso em 25 Set. 2020.

KEERTHIGA, S.; ANISHYA, F.; KAAVIYA PRIYA, R. P. **Accidents Prevention in Industry using IOT**. Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST). V. 2, I. 1, p. 263-268, 2018.

KWAK, Y. H.; IBBS, C. W. **Project Management Process Maturity (PM)2 Model**. Journal Of Management In Engineering, v. 18, n.3, p. 150-155, jul. 2002.



LAGO, E. M. G. **Proposta De Sistema De Gestão Em Segurança No Trabalho Para Empresas De Construção Civil**. 2006. 195 f. Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE, 2006.

LEYH, C., BLEY, K., SCHÄFFER, T., FORSTENHÄUSLER, S. **SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0**. In 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), IEEE, pp. 1297-1302.

LIU, Z. *et al.* **A paradigm of safety management in Industry 4.0**. Systems Reasearch Behavioral Science, p. 1-14, 2020.

LO PRESTI, D. *et al.* **A Multi-Parametric Wearable System to Monitor Neck Movements and Respiratory Frequency of Computer Workers**. Sensors.V.20, n. 536, p. 1-17, Jan. 2020.

LU, Y. **Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues**. Journal of Industrial Information Integration, v.6, p. 1-10, 2017.

LUNELLI, F. B.; CECCONELLO, I. **Definição e aplicação de um modelo de maturidade para manufatura inteligente, sob a ótica da indústria 4.0**. Scientia cum industria, v. 7, n. 2, p. 126-134, 2019.

MASSIRIS FERNÁNDEZ, M. **Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning**. Computers & Industrial Engineering. V. 149, p. 1-11, Set. 2020.

MÉLO FILHO, E. C.; RABBANI, E. R. K.; BARKOKÉBAS JR., B. **Avaliação da segurança do trabalho em obras de manutenção de edificações verticais**. Produção, Recife, PE, v. 22, n. 4, p. 817-830, Set./Dez. 2012.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Receita Federal. **FAP - Fator Acidentário de Prevenção**. 2015. Disponível em <http://receita.economia.gov.br/orientacao/tributaria/declaracoes-e-demonstrativos/gfip-sefip-guia-do-fgts-e-informacoes-a-previdencia-social-1/fap-fator-acidentario-de-prevencao-legislacao-perguntas-frequentes-dados-da-empresa>. Acesso em: 28 jun. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Política Nacional de Saúde do Trabalhador. **Saúde e Segurança no Trabalho no Brasil: aspectos institucionais, sistemas de informação e indicadores**. Livraria do Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, DF, c. 04, p. 113 - 132, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Normas e Manuais Técnicos: Saúde do Trabalhador - Protocolos de Complexidade Diferenciada**. Secretaria de Atenção à Saúde Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Brasília, DF, 32 f., Dez. 2006. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/06\\_0442\\_M.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/06_0442_M.pdf). Acesso em: 15 jul. 2020.

MORAES, G. **Sistema de Gestão de Riscos: estudo de análise de riscos**. I Edição, Rio de Janeiro, RJ: v. 2, Gerenciamento Verde Editora e Livraria Virtual, 2013.

NASCIMENTO, E. L. A.; VIEIRA, S. B.; CUNHA, T. B. **Riscos Ocupacionais: das metodologias tradicionais à análise das situações de trabalho**. Revista de Psicologia, v. 22 – n. 1, p. 115-126, Jan./Abr. 2010.

NESELLO, B. Z. **A indústria 4.0 e a modernização das relações de trabalho**. Jus Navigandi. 2019, p. 1-9. Disponível em: <https://jus.com.br/1939714-brunazanandrea-nesello/publicacoes>. Acesso em: 01 ago. 2020.

OHSAS. **OHSAS 18001: 2007**. Occupational Health and Safety management system. Requirements. OHSAS, 2007.

OLIVEIRA, E. M. **Transformações No Mundo Do Trabalho, Da Revolução Industrial Aos Nossos Dias**. Caminhos de Geografia, v. 6(11), p. 84 - 96, Fev/2004.

OLIVER, R. **Reforma Trabalhista: 5 Pontos que todo profissional de SST deve entender!** ProLife, 2018. Disponível em <https://prolifeengenharia.com.br/reforma-trabalhista/>. Acesso em: 11 mai. 2020.

PAGANI, R.; KOVALESKI, J.; RESENDE, L. **Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citations, and year of publication**. Scientometrics, 1–27, 2015.

PAGANI, R.; KOVALESKI, J.; RESENDE, L. **Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura**. Ciência da Informação, Brasília, DF, v.46 n.2, p.161-187, maio/ago. 2018.

PALLUDETTO, A. W. A.; FELIPINI, A. R. **Panorama da literatura sobre a financeirização (1992-2017): uma abordagem bibliométrica**. Economia e Sociedade, Campinas, SP, v. 28, n. 2 (66), p. 313-337, maio-agosto 2019.

PINTO, A. C. *et al.* **Segurança Do Trabalho Na Construção Civil - Um Estudo De Caso Múltiplo Em Cidades Do Interior De São Paulo**. In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção, XXXVI, 2016, João Pessoa, PB.

POSCHEN, P. **O meio ambiente na construção civil - uma perspectiva internacional**. Fundacentro, Abr. 2016. Disponível em: <https://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/OIT%20Fundacentro>. Acesso em: 14 Jun. 2020.

PONTAROLO, M. L.; XAVIER, A. A. P.; MICHALOSKI, A. O. **Relação entre segurança do trabalho e produtividade: uma revisão sistemática**. In: Congresso de Engenharia de Produção, VIII, 2018, Ponta Grossa, PR.

RIBEIRO, J. P. V. **Proposta de Adaptação de Modelo de Maturidade para Avaliação de Indústrias Brasileiras em Indústria 4.0**. Projeto de Graduação (Engenharia de Produção) – Universidade de Brasília, p. 1-83, 2018.

ROBLEK, V.; MESKO, M.; KRAPEZ, A.A **Complex View of Industry 4.0**. Sage Open, v. 6, n. 2. 2016.

SACOMANO, J. B. *et al.* **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. Editora Edgard Blucher. São Paulo, SP, 182 p., 2018.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. **As Revoluções Industriais até a Indústria 4.0**. Interface Tecnológica, Taquaritinga, SP, p. 480 - 491, 2018.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. **Estudos De Revisão Sistemática: Um Guia Para Síntese Criteriosa Da Evidência Científica**. Revista brasileira de fisioterapia, São Carlos, SP, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007.

SANTANA S. V. *et al.* **Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos**. Revista de Saúde Pública. São Paulo, SP, v. 40, n. 6, p. 1004 - 1012, Dec. 2006.

SANTOS, R. C. **Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0**. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, Portugal, p. 1-114, Abr. 2018.

SARKAR, S. *et al.* **Application of optimized machine learning techniques for prediction of occupational accidents**. Computers and Operations Research. V. 106, p. 210–224, 2016.

SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. **A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises**. Procedia CIRP, v. 52, n. 2016, p. 161 – 166, 2016.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. Cologne/Geneva: World Economic Forum, 2016. Disponível em: <https://luminariaz.files.wordpress.com/2017/11/the-fourth-industrial-revolution-2016-21.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2020.

ŞENER, U.; GÖKALP, E.; EREN, P. E.; **Towards a maturity model for industry 4.0: a systematic literature review and a model proposal**. The Management Information Systems Perspectives, p. 291-303, 2017.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução de Eduardo Schaan. Porto Alegre: Bookman, 1996. 55 p.

SILVA, A. A. R. **Segurança No Trabalho Na Construção Civil: Uma Revisão Bibliográfica**. Revista Pensar Engenharia, Belo Horizonte, MG, v.1, n. 1, p. 1 - 18, Jan. 2015.

SILVA, I. A.; BARBALHO, S. C. M. **Modelos de maturidade do CMM aos modelos da indústria 4.0**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INOVAÇÃO E GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, 12., 2019, Brasília/DF.

SMARTLAB, Observatório Digital de Segurança e Saúde do Trabalho. **Segurança e Saúde no Trabalho**. SMARTLAB 2018. Disponível em: <https://smartlabbr.org>. Acesso em: 11 Mai. 2020.

SOARES, L. J. P. **Os Impactos Financeiros Dos Acidentes Do Trabalho No Orçamento Brasileiro: Uma Alternativa Política E Pedagógica Para Redução Dos Gastos**. Brasília, DF: s.ed. 2008. 56f. Monografia – Curso de Especialização em Orçamento Público - Tribunal de Contas da União – Câmara dos Deputados – Senado Federal, 2008.

SOMMA, L. A. **Benefícios previdenciários e o impacto dos acidentes e doenças do trabalho na previdência social**. Revista Âmbito Jurídico. São Paulo, SP. 2015. Disponível em <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-previdenciario/beneficios-previdenciarios-e-o-impacto-dos-acidentes-e-doencas-do-trabalho-na-previdencia-social/>. Acesso em: 08 jul. 2020.

SOUSA, L. M. M. *et al.* **Revisões Da Literatura Científica: Tipos, Métodos E Aplicações Em Enfermagem**. Revista Portuguesa de Enfermagem de Reabilitação. Porto, Portugal, v. 01, n. 01, p. 46 - 54, Jun. 2018.

STEINHILBER, B. *et al.* **Postural Control When Using an Industrial Lower Limb Exoskeleton: Impact of Reaching for a Working Tool and External Perturbation**. The Human Factors. V. 0, n. 0, p. 1-14, Ago. 2020.

SUN, S. *et al.* **Healthy Operator 4.0: A Human Cyber-Physical System Architecture for Smart Workplaces**. Sensors. V.20, n. 2011, p. 1-21, Abr. 2020.  
TESSARINI,G.; SALTORATO, P. **Impactos da Indústria 4.0 na Organização do Trabalho: Uma Revisão Sistemática da Literatura**. Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 18, n. 2, p. 743 - 769, 2018.

TRIVELATO, G. C. **Nova Norma Regulamentadora N. 01 – Prevenção Em Segurança E Saúde No Trabalho: Histórico, Desdobramentos E Impactos**. Fundacentro, Audiência Pública, São Paulo, SP, Ago. 2014.

VEIGA,R.; PIRES, C. **Percepção Do Impacto Da Inteligência Artificial Em Contexto Ocupacional**. ISLA Multidisciplinary e-Journal, Santarém, v. 01, n. 01, p. 47-60, 2018. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/29226/1/2018%20Impact%20of%20artificial%20intelligence%20on%20the%20workplace.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2020.

VENÂNCIO, A. L. A. C. **Sistema de Avaliação de Maturidade Industrial baseando-se nos Conceitos da Indústria 4.0**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Controle e Automação. Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, p. 1-110, 2017.

VOSVIEWER, VisualizationofSimilaritiesViewer. **VOSviewer Home**. 2020. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acessoem: 13 Jun. 2020.

WANG, L.; WANG, G. **Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0.** I.J. Engineering and Manufacturing. V. 4, p. 1-8, Jul. 2016.

**APÊNDICE A – Questionário para Avaliação do Nível de Maturidade quanto a Aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 na Saúde e Segurança do Trabalho**

### **ETAPA I: Introdução inicial e apresentação do questionário aos respondentes.**

### **ETAPA II: Informação sobre Régua de Medição do Nível de Maturidade:**

Para conhecimento é apresentado os possíveis níveis de maturidade no quão as empresas podem se encontrar:

Nível 0: Inexistente.

Nível 1: Iniciado. A infraestrutura tecnológica e o roteiro para a transição para a I4.0 foram iniciados, mas não estão totalmente implementados.

Nível 2: Gerenciado. Dados estão sendo coletados, mas não estão integrados nas diferentes funcionalidades das operações. Os itens físicos estão começando a ser representados por um mundo virtual.

Nível 3: Estabelecido. O conjunto de dados é claramente identificado para cada operação da organização sendo coletado e armazenado sistematicamente em um banco de dados bem gerenciado. A integração vertical, incluindo a integração interna de fábrica de sensores e atuadores dentro das máquinas até os sistemas de planejamento de recursos empresariais foram alcançadas.

Nível 4: Previsível. A integração horizontal, incluindo a integração das redes de produção ao nível dos negócios, é conseguida pela integração da cadeia de suprimentos, mas pode incluir mais no futuro, quando informações em tempo real e em produtos ou processos específicos forem trocadas para aumentar o nível de detalhe e qualidade na otimização de fabricação distribuída.

Nível 5: Otimizado. Foi alcançada a integração para a engenharia e a vida útil do produto/produção para permitir o compartilhamento de conhecimento de baixo esforço e a sincronização entre o desenvolvimento de produtos e serviços e os ambientes de fabricação.

### **ETAPA III: Questionário.**

Quanto aos EPIs (Equipamentos de Proteção Individual):

**1. A maneira pela qual é feita a gestão de entregas de EPIs aos colaboradores da empresa é:**

Totalmente física (EXEMPLO: por meio de controles manuais; planilhas de acompanhamento e/ou gestão física)

Semi virtual e semi física (EXEMPLO: utilizado fichas manuais para controle junto a colaboradores e imputando informações em um sistema integrado de gestão).

Totalmente virtual (EXEMPLO: entrega realizada e assinatura é feita virtualmente com a leitura do crachá do colaborador, ou então é feita por um sistema *self service* por meio de leitura *QR Code*, ativando automaticamente no sistema de gestão integrado da empresa)

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.

Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**2. A maneira pela qual é feito o controle do uso de EPIs é:**

Totalmente física (EXEMPLO: realizada por meio da supervisão de líderes, gestores e técnicos/engenheiros de segurança)

Semi virtual e semi física (EXEMPLO: realizada por meio de responsáveis e em alguns setores analisada por meio de sensores).

Totalmente virtual (EXEMPLO: realizada exclusivamente por meio de sensores, que até impossibilitam colaborador entrar em algum ambiente de trabalho se o uso de determinados EPIs)

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.

Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**3. A maneira pela qual é feito o controle de estoque e validade dos EPI's.**

Totalmente física (EXEMPLO: por meio de planilhas de controle preenchidas manualmente)

Semi virtual e semi física (EXEMPLO: planilhas de controle integradas a um sistema de gestão, fornecendo acesso para os interessados)).

Totalmente virtual (EXEMPLO: integrada totalmente em um sistema de gestão que sinaliza automaticamente, conforme entrega de EPI a um colaborador, a baixa no estoque da empresa e alerta sobre vencimento próxima ao setor de SST)

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.

Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**Quanto à prevenção de riscos às doenças ocupacionais e acidentes do trabalho**

**1. De que forma é realizada a avaliação de riscos das atividades executadas pelos colaboradores?**

Totalmente manual e pessoal (EXEMPLO: O profissional de segurança realiza a análise na frente de trabalho e baseia-se apenas no que verifica no momento da análise).

Semi pessoal e semi automatizado (EXEMPLO: O profissional de segurança realiza a análise na frente de trabalho e baseia-se no que verifica no momento da análise, nos índices de causas de acidentes anteriores ocorridos na execução da mesma atividade e informações obtidas por sensores de controle de perigos).

Totalmente automatizado (EXEMPLO: O profissional de segurança realiza a avaliação de riscos com base nos índices de causas de acidentes anteriores ocorridos na execução da mesma atividade, informações obtidas por sensores de controle de perigos e câmeras de monitoramento).

Nenhuma das alternativas anteriores.

**PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.



Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

## 2. De que forma são realizadas as capacitações de segurança?

Totalmente pessoal (EXEMPLO: O instrutor realiza todo treinamento em presença física, de forma discursiva, abordando os itens e exemplificando em simulação com interação com os participantes).

Semi pessoal e semi virtual (EXEMPLO: O instrutor realiza o treinamento em presença física, parte de forma discursiva, e exemplificando em simulação com interação com os participantes, e parte fazendo uso de recursos áudio visuais, como slides, vídeos e depoimentos).

Totalmente virtual (EXEMPLO: O instrutor realiza o treinamento na modalidade EAD ao vivo, fazendo uso de recursos de vídeos, slides, depoimentos e simulações virtuais).

Nenhuma das alternativas anteriores.

### **PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.

Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

## 3. Como é realizado o controle à Zonas Perigosas?

Totalmente manual e pessoal (EXEMPLO: As informações sobre as zonas perigosas ocorrem de forma verbal, e através de advertências em cartazes e placas).

Semi manual e semi automatizado (EXEMPLO: As informações sobre as zonas perigosas ocorrem através de advertências em cartazes e placas, possuem alarmes sonoros com sensor de presença, e o acesso é através da leitura do crachá).

Totalmente automatizado (EXEMPLO: Possuem alarmes sonoros com sensor de presença, o acesso é através da leitura do crachá, e sensores realizam a leitura se o colaborador está portando todos os EPIs necessários para o acesso).

Nenhuma das alternativas anteriores.

**PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.

Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**4. De que forma ocorre a manutenção preventiva dos equipamentos?**

Totalmente manual (EXEMPLO: Através de planilhas de controle preenchidas manualmente).

Semi manual e semi automatizado (EXEMPLO: planilhas de controle integradas a um sistema de gestão, indicando as datas de manutenção com uma data programada de antecedência).

Totalmente automatizado (EXEMPLO: Totalmente integrada em um sistema de gestão, organizando automaticamente as datas de vistoria, interrupção do funcionamento, indicação de máquina substitutiva, tempo de vida útil de cada peça/máquina)

Nenhuma das alternativas anteriores.

**PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.

Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**5. Como o setor de SST realiza a identificação de padrões de acidentes?**

Totalmente manual (EXEMPLO: Verificar manualmente os registros de CAT (Comunicação de acidente de trabalho) e contabiliza quantos acidentes ocorreram em um determinado período).

Semi manual e semi automatizado (EXEMPLO: Sistema gera a quantidade de registros de CAT (Comunicação de acidente de trabalho) de um determinado período e identifica tendências, padrões e prevalência dentre as variáveis como: idade, sexo, setor e função).

Totalmente automatizado (EXEMPLO: Sistema oferece análise completa sobre identificação de fatores de risco, prevê comportamentos, áreas e atividades executadas que oferecem alto risco de acidente, e com base no algoritmo gerado, o sistema sugere ações como forma de prevenir acidentes).

A empresa não realiza identificação de padrões de acidentes.

Nenhuma das alternativas anteriores.

**PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.

Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**6. De que forma é realizado o controle dos exames periódicos de atestado de saúde ocupacional (ASO)?**

Totalmente manual (EXEMPLO: Através de planilhas de controle preenchidas manualmente).

Semi manual e semi automatizado (EXEMPLO: planilhas de controle integradas a um sistema de gestão, indicando as datas de vencimento dos exames com uma data programada de antecedência).

Totalmente automatizado (EXEMPLO: Totalmente integrado em um sistema de gestão, organizando automaticamente as datas de vencimento, agendamento e comunicação da realização do exame periódico, proibição de registro de ponto do funcionário quando ASO vencido e ainda não realizado).

Nenhuma das alternativas anteriores.

**PERGUNTA CONDICIONADA À RESPOSTA ANTERIOR: Quais sistemas são usados para essas atividades?**

Integração homem-máquina. Sistemas controlados por software com partes mecânicas e eletrônicas. Controle, monitoramento e transferência de dados executados via internet e em tempo real.

Objetos conectados à internet e entre si através de rede, munidos de sensores, circuitos eletrônicos e softwares e capazes de coletar, processar e trocar dados.

Informações geradas a partir de dados coletados de objetos, apoiando tomadas de decisão.

Sensores de presença e proximidade controlados e monitorados por software em tempo real.

Nenhuma das alternativas anteriores

Não se aplica

**APÊNDICE B – Resultados da aplicação *Methodi Ordinatio***

Resultado final da seleção de artigos sobre tecnologias da Indústria 4.0 aplicados a Saúde e Segurança no Trabalho após a aplicação da Etapa 7 do *Methodi Ordinatio*.

Classificação do artigo (Etapa 7)	Artigos Selecionado (Título; Autores; Revista) - Etapa 5	Ano publicação (Etapa 6)	Número citações (Etapa 6)	Fator de Impacto Revista (JCR) - Etapa 6	Resultado Equação InOrdinatio (Etapa 7)
1	A multi-parametric wearable system to monitor neck movements and respiratory frequency of computer workers; Presty et al. (2020); Sensors (Switzerland).	2020	9	3,275	109,003275
2	Healthy operator 4.0: A human cyber-physical system architecture for smart workplaces; Sun <i>et al.</i> (2020); Sensors (Switzerland).	2020	3	3,275	103,003275
3	Design of human-centered collaborative assembly workstations for the improvement of operators' physical ergonomics and production efficiency: A case study; Gualtieri <i>et al.</i> (2020).	2020	2	2,576	102,002576
4	Modelling a safety management system using system dynamics at the Bhopal incident; Di Nardo et al. (2020); AppliedSciences (Switzerland).	2020	1	2,474	101,002474
5	Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning; MassirisFernández et al. (2020); Computers& Industrial Engineering.	2020	0	4,135	100,004135
6	Safety, Ergonomics and Efficiency in Human-Robot Collaborative Assembly: Design Guidelines and Requirements; Gualtieri et al. (2020); Enhancing design through the 4th Industrial Revolution Thinking.	2020	0	3,6	100,0036
7	Holistic planning and optimization of human-centred workplaces with integrated Exoskeleton technology; Ippolito et al. (2020); 13th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 17-19 July 2019, Gulf of Naples, Italy.	2020	0	3,6	100,0036
8	Postural Control When Using an Industrial Lower Limb Exoskeleton: Impact of Reaching for a Working Tool and External Perturbation; Steinhilber et al. (2020); HumanFactors.	2020	0	3,165	100,003165
9	Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0; Ademet <i>et al.</i> (2020); Sn AppliedSciences.	2020	0	0	100

(CONTINUA)

10	Using data-driven safety decision-making to realize smart safety management in the era of big data: A theoretical perspective on basic questions and their answers; Wang et al. (2019); JournalofCleanerProduction.	2019	9	7,246	99,007246
11	Mapping the influences of resilience engineering on health, safety, and environment and ergonomics management system by using Z-number cognitive map; Zarrin; Azadeh (2019); Human Factors and Ergonomics In Manufacturing.	2019	5	3.165	98,165
12	How to improve worker's well-being and company performance: a method to identify effective corrective actions; Scafà et al. (2019); 52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems (CMS), Ljubljana, Slovenia, June 12-14, 2019.	2019	4	3,6	94,0036
13	Evaluating critical success factors for implementing smart devices in the construction industry: An empirical study in the Dominican Republic; Silverio-Fernandez et al. (2019); Engineering, ConstructionandArchitectural Management.	2019	3	2,050	93,00205
14	Human factors in occupational health and safety 4.0: A cross-sectional correlation study of workload, stress and outcomes of an industrial emergency response; Nicoletti; Padovano (2019); International Journal of Simulation and Process Modelling.	2019	3	0,264	93,000264
15	Industry 4.0 in Terms of Industrial Relations and Its Impacts on Labour Life; Kurt (2019); 3rd WORLD CONFERENCE ON TECHNOLOGY, INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP"INDUSTRY 4.0 FOCUSED INNOVATION, TECHNOLOGY, ENTREPRENEURSHIP AND MANUFACTURE" June 21-23, 2019	2019	2	2,5	92,0025
16	SafE-Tag mobile: A novel javascript framework for real-time management of unsafe conditions and unsafe acts in SMEs; Vukicevic et al. (2019); Safety Science.	2019	1	4,105	91,004105
17	The occupational health and safety dimension of Industry 4.0; Adem et al. (2018); Sn AppliedSciences.	2018	11	0,978	91,000978
18	Can Complexity-Thinking Methods Contribute to Improving Occupational	2019	1	0	91

	Safety in Industry 4.0? A Review of Safety Analysis Methods and Their Concepts; Adriaensen et al. (2019); Safety.				
<b>(CONTINUA)</b>					
19	A multi-period comprehensive evaluation method of construction safety risk based on cloud model; Lee et al.(2019); Journal of Intelligent and Fuzzy Systems.	2019	0	1,851	90,001851
20	Occupational health and work safety systems in compliance with industry 4.0: Research directions; Erol (2019); International Journal of eBusiness and eGovernment Studies	2019	0	0	90
21	Episodic Memories for Safety-Aware Robots: Knowledge Representation and Reasoning for Robots that Safely Interact with Human Co-Workers; Bartels et al. (2019); KI - KunstlicheIntelligenz.	2019	0	0	90
22	Improving a production site from a social point of view: an IoT infrastructure to monitor workers condition; Gregory et al. (2018); 51st CIRP Conferenceon Manufacturing Systems.	2018	2	3,6	82,0036