



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia Mecânica

PATRICIA FERNANDA DA SILVA SILTORI

Análise dos impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial

CAMPINAS

2020

PATRICIA FERNANDA DA SILVA SILTORI

Análise dos impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Engenharia Mecânica na área de Materiais e Processos de Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Rosley Anholon

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA PATRICIA FERNANDA DA SILVA SILTORI, E ORIENTADA PELO PROF. DR. ROSLEY ANHOLON.

CAMPINAS

2020

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

Si36a Siltori, Patricia Fernanda da Silva, 1995-
Análise dos impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial /
Patricia Fernanda da Silva Siltori. – Campinas, SP : [s.n.], 2020.

Orientador: Rosley Anholon.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade
de Engenharia Mecânica.

1. Indústria 4.0. 2. Sustentabilidade. 3. Impacto. I. Anholon, Rosley, 1979-. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III.
Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Analysis of the impacts of Industry 4.0 on business sustainability

Palavras-chave em inglês:

Industry 4.0

Sustainability

Impact

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestra em Engenharia Mecânica

Banca examinadora:

Rosley Anholon [Orientador]

Robert Eduardo Cooper Ordóñez

Armando Ítalo Sette Antonialli

Data de defesa: 28-02-2020

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-5492-5709>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/4402789150751384>

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MANUFATURA E
MATERIAIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

Análise dos impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial

Autor: Patricia Fernanda da Silva Siltori

Orientador: Prof. Dr. Rosley Anholon

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:

Prof. Dr. Rosley Anholon

Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP

Prof. Dr. Robert Eduardo Cooper Ordóñez

Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP

Prof. Dr. Armando Ítalo Sette Antonialli

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Campinas, 28 de fevereiro de 2020.

Dedicatória

Dedico esta pesquisa a minha mãe, ao meu esposo e minha grande amiga e professora Tatiane Zambrano. Obrigado por terem contribuído e me incentivado a caminhar durante essa longa jornada de estudos.

Agradecimentos

Até que enfim “ nasceu uma mestra! ” Quantos amigos e colegas tenho a agradecer...se for contar posso fazer uma lista.

Foram tantas noites em claro...finais de semana e feriados. Ah, e quantos chás! Lembro bem que muitas vezes estudando sozinha o meu AMOR me falava: “Vou fazer uma xícara de chá para você”...isso era o mesmo que me dizer: “Tenha força, eu estou contigo para tudo! ”, e aí sim ele iria deitar e eu ficava naquela longa noite de trabalho com desafios a frente. Foram dois semestres assim antes da tão sonhada bolsa...estudando e trabalhando.

Também não posso deixar de agradecer imensamente a minha grande GUERREIRA mamãe. Ainda quero ter toda essa garra e sua força que brilha até de longe...saudades de quando pedia para que eu largasse os livros e conversasse contigo ainda no auge dos meus 17 anos. Mas foi por você Mãe, para que pudesse ter orgulho de sua única filha... muitas vezes eu pensava em parar, mas você me ensinou que desistir era fracasso e que mesmo na dor eu deveria ir em frente...E claro, nunca esquecer do que aquele médico nos disse ainda na minha adolescência: “Estude menina...estude muito, mesmo com dificuldade em andar...estude. ” E cá estou eu mãe, ouvi seus conselhos, acatei as dificuldades e as dores e transformei elas em metas e em condições para sempre seguir em frente.

Diversas coisas nós passamos né mãe? Mas a fé e o AMOR sempre estiveram presentes...esse nos uniu cada vez mais...Obrigada Mãe!

Também não posso esquecer do meu irmão Wagner, apesar de tudo sempre fomos bem unidos e você me ensinou a sonhar... “ irmão mais velho é para essas coisas...”. Ele também me deu condições para isso, quantas caronas...obrigada irmão!

E o que dizer da minha sogra? Essa nem sei o que dizer, lembro até hoje de suas palavras: “Pati, não esquece os lanchinhos para comer na estrada...ah e me avisa que está tudo bem assim que pisar na Unicamp, só assim trabalho em paz. ” E eu sempre esquecia né sogra? Meu muito obrigada de coração.

Obrigada também ao meu grande amigo e professor Yuri... “O cara do inglês”, sem você eu não teria conseguido alcançar o mérito da proficiência.

Agora preciso agradecer ao meu *Kawaii* (“santo” Guilherme), companheiro de todas as horas...meu grande AMOR da época da graduação, construtor de aviãozinho...ou

melhor: “aeronave rádio controlada”. Acertei não? Quantas tardes naquela oficina, ouvindo nosso grande amigo/professor/orientador Miranda falar: “não terminou essa ‘bagaça’ ainda malucos?”. É meu amor, você é um *Kawaii* cheio de vida e inspiração que me dá força e alguns empurrões nas horas que mais preciso. Também, agradeço por me mostrar que nem sempre precisamos ser sérios e centrados, pois se a vida não tiver um leve sorriso, ela não tem graça né? Pode respirar fundo e ser feliz, pois agradeço imensamente por caminhar junto comigo e segurar minhas mãos nessa caminhada longa e árdua chamada VIDA! Obrigada eternamente pelo seu AMOR...

Também a minha grande amiga e professora Tatiane Zambrano que com sua calma e delicadeza me inspirou a ir à luta...como era lindo ver você ministrando as aulas no IFSP, algo que chamo de inspirador. Não posso esquecer que você me encorajou a escrever meu primeiro artigo e me abriu as portas, mesmo eu chegando toda tímida naquele fim de aula para perguntar se eu poderia ser voluntária naquela iniciação, a partir dali minha vida mudou, pois foi você que me deu a mão para minha primeira bolsa de iniciação científica na área ambiental, e me auxiliou em todo o tempo...que saudades daquelas tardes na faculdade em que íamos visitar as indústrias da região e passávamos horas na biblioteca analisando referências que fariam parte do estudo. E claro, aquele jantar em Buenos Aires concedido para nós com o maior carinho. Muito obrigada professora, você sempre foi e será uma das minhas inspirações na academia e na vida.

E claro, não posso esquecer dos meus amigos Izabela e Vítor, vocês são especiais e fizeram parte dessa jornada...quanta paciência em corrigir e me ensinar a prática de escrever os artigos para *Journal* com alto fator de impacto, eu realmente aprendi demais com vocês, afinal eu ainda estava “engatinhando”. Obrigada pelas tardes no laboratório e pela gentileza dos cafés que eu nunca aceitei.... Meu eterno obrigado!

Agora um agradecimento mais que especial para nada mais e nada menos que ao meu querido orientador e incrível professor, Rosley Anholon. Sou muito grata pela imensa oportunidade, por realmente acreditar em mim, pela paciência e dedicação, por apostar que eu sempre poderia melhorar e por me apresentar esse incrível mundo da Indústria 4.0 e a Sustentabilidade, com isso meu pensamento crítico e investigador só cresceu e amadureceu.... Meu eterno obrigado por ser meu professor e grande orientador! Obrigada por estar na banca e por avaliar tudo o que eu escrevo. Quanta alegria professor... realmente me faltam palavras para descrever! Tudo isso contarei com orgulho e felicidade. Obrigada também, a todos os professores que fizeram parte desse importante momento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

E por fim, meu humilde agradecimento ao Mestre dos mestres...Meu grande Deus!

Meu muito obrigada!

RESUMO

Este trabalho apresenta um caráter exploratório e tem como foco principal avaliar os possíveis impactos que a adoção dos princípios e tecnologias da Indústria 4.0 proporcionarão à sustentabilidade das empresas brasileiras em um horizonte de 10 anos. As estratégias de pesquisa utilizadas foram: a revisão da literatura e levantamento com acadêmicos que de alguma forma estão relacionados a temática supracitada. A análise de dados foi realizada por meio das técnicas de Análise hierárquica de *Cluster* e TOPSIS. Análise hierárquica de *Cluster* foi utilizada para identificar como os respondentes se conglomeram de acordo com suas similaridades e o TOPSIS, por sua vez foi utilizado para analisar comparativamente os impactos estudados. Os resultados evidenciaram que a redução de oferta de emprego para tarefas manuais, autonomia nos processos industriais e novas oportunidades de negócios se caracterizam como os prováveis impactos de maior intensidade. A presente pesquisa pode contribuir para os debates associados ao tema.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Sustentabilidade; Impactos.

ABSTRACT

This work has an exploratory character and its main focus is to evaluate the possible effects on the adoption of principles and technologies of industry 4.0, provided with the sustainability of Brazilian companies in a 10 year horizon. The research strategies used were: literature review and survey with academics that are somehow related to the above theme. Data analysis was performed using Hierarchical Cluster Analysis and TOPSIS techniques. Hierarchical Cluster Analysis was used to identify how respondents conglomerate according to their similarities and the TOPSIS, in turn, was used to comparatively analyze the impacts studied. The results showed that the reduction of job offer for manual tasks, autonomy in industrial processes and new business opportunities are characterized as the likely impacts of greater intensity. This research can contribute to the debates associated with the theme.

Key-words: Industry 4.0; Sustainability; Impacts.

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Impactos da Indústria 4.0 na Sustentabilidade Empresarial.....	33
Quadro 3.1. Classificação da pesquisa.....	46
Quadro 3.2. Nomenclatura utilizada para representar os impactos como variáveis.....	49
Quadro 3.3. Faixas para atribuição de notas apresentadas no questionário.....	50
Quadro 3.4. Notas para cada categoria analisada.....	51
Quadro 3.5. Análise hierárquica de <i>Cluster</i> utilizada na pesquisa.....	52
Quadro 3.6. Grupos de respondentes e as respectivas ponderações.....	53
Quadro 4.1 Notas atribuídas aos respondentes.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Tripé da sustentabilidade.....	31
Figura 3.1. Classificações plausíveis para uma pesquisa..	43
Figura 3.2. Etapas desenvolvidas para a realização da pesquisa	46
Figura 3.3. Origem dos artigos consultados	47
Figura 3.4. Ano de publicação dos artigos consultados..	48
Figura 4.1. Dendograma de similaridade.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Matriz R com valores padronizados..	60
Tabela 4.2. Matriz V com valores padronizados	60
Tabela 4.3. Solução ideal positiva e solução ideal negativa.....	61
Tabela 4.4. Distâncias da solução ideal positiva, distância da solução ideal negativa e coeficiente C_i^*	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP: Comissão Nacional de Éticas em Pesquisas

CPS: *Cyber- Physical Systems*

IoT: *Internet of the things*

SPSS 24: *Statistical Package for The Social Sciences*

TBL: *Triple Bottom Line*

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TOPSIS: *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*

Sumário

1 INTRODUÇÃO	17
1.1. Contextualização	17
1.2. Objetivo Geral	18
1.3. Objetivos Específicos	19
1.4. Relevância da Pesquisa.....	19
1.5. Delimitação da Pesquisa.....	20
1.6. Organização do Trabalho	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 Características da Indústria 4.0 e suas Definições.....	22
2.2 Pilares da Indústria 4.0.....	25
2.2.1 Sustentabilidade, Definições e Características	28
2.2.2 Pilares da Sustentabilidade	30
2.3 Impactos da Indústria 4.0 na Sustentabilidade Empresarial	33
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
3.1 Caracterização da pesquisa.....	43
3.2 Método	46
a) Levantamento da Literatura.....	46
b) Estruturação do questionário.....	48
c) Coleta de dados.....	50
d) Análise dos dados coletados:.....	51
e) Análise hierárquica de <i>Cluster</i> :	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1 Similaridade dos Respondentes via Análise de <i>Cluster</i>	56
4.2 Análises das Médias Aferidas pelos Grupos de Respondentes Identificados	58
4.3 Análise Comparativa dos impactos via TOPSIS.....	60
4.4 Análise dos Principais Impactos através da Análise Comparativa via TOPSIS.....	62
5 CONCLUSÕES	65

REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	73
APÊNDICE B – Roteiro de Entrevista	77

1 INTRODUÇÃO

O foco principal deste capítulo se caracteriza pela apresentação geral dos pontos que definem a pesquisa. Após uma breve contextualização apresentam-se o objetivo, os objetivos específicos, a relevância da pesquisa bem como suas delimitações. Descreve-se brevemente ainda a estrutura do trabalho que será encontrada nos próximos capítulos.

1.1. Contextualização

A humanidade se deparou com diversas mudanças ao longo de sua existência que em maior ou menor escala sempre influenciaram as estruturas sociais e os sistemas econômicos. Focando em especial os sistemas industriais, Schwab e Mackenzie (2016) mencionam quatro grandes revoluções, três delas ocorridas no passado e a última sendo observada no presente momento.

As três revoluções anteriores estiveram relacionadas aos processos de mecanização, eletrificação, uso de tecnologias da informação e automação (WAHLSTER *et al.*, 2015). A atual revolução é chamada de Indústria 4.0 e toma por base conceitos e ferramentas como os *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IoT), *Internet of Services* (IoS), veículos autônomos, impressoras 3D, robôs avançados, inteligência artificial, *Big Data*, nanomateriais e nanosensores (SCHWAB e MACKENZIE, 2016). Para Lin, Shyu e Ding (2017) a Indústria 4.0 influenciará consideravelmente os processos industriais em todas as áreas. Oliveira e Simões (2017) corroboram com o ponto de vista supracitado, alegando que tais conceitos modificarão completamente a forma de gerir uma organização.

A maneira pela qual os conceitos da Indústria 4.0 influenciarão as atividades empresariais ainda estão sendo debatidas e temáticas relacionadas à sustentabilidade neste novo contexto se fazem marcantes (BAXANDALL, 2018). Stock e Seliger (2016) vislumbram interessantes oportunidades ao se conciliar os conceitos da quarta Revolução Industrial com os pilares da sustentabilidade, mas também apontam algumas preocupações (?). Cabe ressaltar que, para Elkington (1998), a sustentabilidade se caracteriza por três dimensões, sendo elas a econômica, a social e a ambiental. Lin, Shyu e Ding (2017) analisam, por exemplo, a questão social e destacam pontos relacionados à criação de novas profissões, oportunidades de emprego e qualificação técnica dos colaboradores. Para a dimensão ambiental, Moreno *et al.* (2014)

acredita que a adoção dos conceitos da indústria 4.0 proporcionará o uso eficiente dos recursos energéticos e contribuirá para atingir as metas globais de desenvolvimento sustentável. Na questão econômica, Lin, Shyu e Ding (2017) vislumbram o aumento da produtividade e, conseqüentemente, das receitas.

Torna-se importante destacar ainda que a adoção dos princípios da indústria 4.0 permitirá a existência de sistemas de gestão mais inteligentes e colaborativos, permitindo a potencialização dos debates acerca das três dimensões da sustentabilidade (MORENO *et al.*; 2014). Aliás, Vinícios (2016) considera sistemas “inteligentes” somente aqueles que possuem preocupações múltiplas nas três dimensões supracitadas. Cabe ainda destacar o ponto de vista de Jovane *et al.* (2008) que acreditam que a tecnologia se tornará tão importante para sustentabilidade que passará a se caracterizar como uma quarta dimensão do conceito.

No Brasil, o tema Indústria 4.0 ainda se caracteriza como um tema relativamente novo e em fase inicial de implantação. Quando focado a relação com o tema sustentabilidade, as discussões e debates associados tornam-se ainda mais limitados. Oliveira e Simões (2017), consideram tais assuntos essenciais para a alavancagem da indústria brasileira.

Mediante o exposto, o presente estudo se propõe a avaliar os possíveis impactos que a adoção dos princípios da Indústria 4.0 proporcionará à sustentabilidade das empresas brasileiras, valendo-se de uma revisão sistemática da literatura e de uma *survey* junto a acadêmicos conhecedores dos princípios da “Indústria 4.0” e do sistema industrial brasileiro. Destaca-se que o tema Sustentabilidade e o tema Indústria 4.0 estão diretamente relacionados à linha de pesquisa de “Sistemas de Engenharia de Produção” da Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP.

1.2. Objetivo Geral

O objetivo geral dessa dissertação se caracteriza por analisar os possíveis impactos que a adoção dos princípios da Indústria 4.0 proporcionará à sustentabilidade de empresas brasileiras. A pesquisa possui um caráter exploratório e contribuirá para ampliação dos debates associados ao tema.

1.3. Objetivos Específicos

Define-se como objetivos específicos da dissertação:

- a) Realizar uma revisão sistemática da literatura na bibliografia em bases científicas nacionais e internacionais sobre os possíveis impactos que a adoção dos conceitos da indústria 4.0 pode ocasionar à sustentabilidade empresarial;
- b) Tomando por base as informações levantadas na literatura, estruturar um instrumento de pesquisa e realizar uma *survey* junto a acadêmicos que conhecem o ambiente industrial brasileiro e os princípios da Indústria 4.0;
- c) Identificar via Análise Hierárquica de *Cluster* como os participantes da pesquisa se agrupam em termos de experiência, formação, tipo de pesquisa desenvolvida e formação de pesquisadores em nível de mestrado e doutorado;
- d) Analisar os dados coletados com técnicas de estatística descritiva e técnica TOPSIS, visando ordenar os impactos relacionados a Indústria 4.0;
- e) Por fim, realizar análise de resultados à luz da literatura.

1.4. Relevância da Pesquisa

O desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil envolve muitos desafios, sendo possível citar alguns deles: investimentos em novos equipamentos e/ou atualização dos já existentes, mudanças de layouts, reestruturação de processos, mudanças na forma de relacionamento entre as organizações ao longo da cadeia produtiva, criação de novas profissões, desenvolvimento de novos produtos, entre outros. Poucas organizações brasileiras estarão preparadas para enfrentar todas as mudanças necessárias de uma única vez e, como já destacado por Oliveira e Simões (2017), tais mudanças são essenciais para a alavancagem da indústria brasileira. Reside-se neste ponto, portanto, a principal justificativa de desenvolvimento desta pesquisa.

É possível afirmar que em alguns países a Indústria 4.0 começou a se tornar realidade, principalmente com o apoio governamental, que a tem colocado no centro de suas estratégias; cita-se como exemplo a Alemanha. No Brasil, esse enfoque ainda se faz de maneira muito superficial, sendo importante ressaltar que o país deverá ter agilidade na inserção e no desenvolvimento de novas tecnológicas a fim de evitar um grande *gap* de competitividade

quando comparado a outras nações (OLIVEIRA e SIMÕES, 2017). Conjuntamente, as empresas brasileiras também deverão buscar cada vez mais a sustentabilidade empresarial, gerando valor nas dimensões econômicas, sociais e ambientais (ARENA *et al.*, 2010).

Destaca-se assim a importância do estudo apresentado por esta dissertação. A avaliação dos impactos que a Indústria 4.0 proporcionará na sustentabilidade das empresas brasileiras contribuirá para o aumento dos debates e, conseqüentemente, melhores definições de estratégias e planos de ação.

1.5. Delimitação da Pesquisa

A presente pesquisa, de caráter exploratório, será realizada valendo-se de informações disponibilizadas em artigos nacionais e internacionais e de percepções apresentadas por acadêmicos que conhecem o segmento industrial brasileiro e os princípios da Indústria 4.0. A ideia central é que os resultados possam contribuir para os debates associados à sustentabilidade no contexto da indústria 4.0. A autora desta dissertação reconhece, entretanto, que os resultados podem variar em função da consulta de determinados artigos, considerações assumidas ao longo do estudo e que serão detalhadas posteriormente, bem como opiniões de outros profissionais diferentes dos consultados. Assim, os resultados aqui apresentados são válidos para as condições e critérios de pesquisa estabelecidos.

1.6. Organização do Trabalho

O presente estudo foi organizado em mais quatro capítulos, além desta introdução. Todos os capítulos foram inseridos de forma lógica, seguindo uma sequência que permite relacionar as etapas do projeto facilitando o entendimento e a réplica por parte de outros pesquisadores, se assim desejarem. Garante-se desta forma que a pesquisa seja fidedigna.

No capítulo dois deste estudo encontra-se a revisão bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados a Indústria 4.0, como Internet das Coisas (IoT), Sistemas *Cyber-físicos* (CPS), fábricas Inteligentes, os Pilares da Indústria 4.0 e Sustentabilidade empresarial, demonstrando também os possíveis impactos e os desafios esperados na quarta revolução

industrial. É importante ressaltar que toda a fundamentação teórica está embasada em bases acadêmicas reconhecidas.

O capítulo três apresenta os procedimentos metodológicos que serão utilizados, e que de certa forma possibilitam a réplica por outros pesquisadores e gestores; garante-se dessa forma maior credibilidade ao estudo. Nessa etapa será detalhada a classificação da pesquisa e as etapas desenvolvidas para o alcance dos resultados.

O capítulo quatro apresenta os resultados decorrentes da análise de dados realizada, evidenciando os impactos que na opinião dos participantes se farão mais evidentes no contexto da sustentabilidade das empresas brasileiras. Confrontos entre os resultados obtidos e a literatura serão realizados.

Por fim, no capítulo cinco serão apresentadas as considerações finais, as conclusões definidas pela autora desta dissertação e proposições de trabalhos futuros. Lista-se, ao final, as referências utilizadas e os respectivos apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que uma pesquisa seja desenvolvida segundo os preceitos científicos, faz-se necessário inicialmente estabelecer a fundamentação teórica acerca dos temas estudados. Assim, o presente capítulo almeja sintetizar informações relacionadas a Indústria 4.0, a sustentabilidade e assuntos correlacionados entre elas.

2.1 Características da Indústria 4.0 e suas Definições

O termo Indústria 4.0 ou a Quarta Revolução Industrial começou a ser difundido na Alemanha em uma das mais importantes feiras de tecnologia do mundo, a Hannover Messe no ano de 2012. No Brasil e no mundo é considerado um termo relativamente novo e consiste em três partes, sendo “Indústria” com o foco principal na produção de bens, e o “.0” a conexão a tecnologia e a internet, e por fim o “4”, a quarta revolução industrial (BRETTEL *et al.*, 2014).

A Indústria 4.0 é uma transformação abrangente na produção industrial por meio da tecnologia, da internet e com indústria convencional (BARBOSA, 2012). É válido ressaltar que outros termos são utilizados para definir e difundir esse novo estágio da indústria, como exemplo a organização General Electric que adotou o nome Internet Industrial, ou seja, a internet das indústrias inteligentes, onde operadores utilizam máquinas e computadores totalmente integrados e com análise avançada de dados para poder obter resultados comerciais positivos (WIESMÜLLER, 2014).

Baseado nos conceitos descritos, a Indústria 4.0 é uma nova configuração do sistema de manufatura e está baseado na tecnologia e na ligação entre as dimensões físicas e as configurações virtuais, denominadas como “ciberespaço”, e essa ligação se torna possível com a utilização dos sistemas CPS (*Cyber-Physical Systems*) (ALMADA, 2018). Cabe ressaltar que segundo o autor Almada, 2018, os sistemas Cyber-Físicos, a internet das coisas e a internet dos serviços, terão um impacto significativo e importante em todos os aspectos que norteiam as empresas de manufatura. Para o autor, o sistema de fabricação tem sido fundamental na qualidade, desempenho e agilidade demandada pelos desafios criados pela concorrência global.

Com isso, a quarta revolução permite estar à frente da integração dos processos que estão relacionados a produção e logística, pois envolve todas as etapas da cadeia de valor, que

vai desde o desenvolvimento de produtos, testes e simulações das condições estabelecidas da produção e da pós-venda (OLIVEIRA e SIMÕES, 2017). Dessa forma, a criação de valor nos diferentes níveis permite analisar quais serão os impactos que as organizações deverão enfrentar nesta nova revolução. Portanto, a revolução está além da digitalização, e superando uma forma complexa de inovação baseada na combinação e utilização de divergentes tecnologias, que proporcionará uma nova forma de gerenciar os negócios e os processos organizacionais (COELHO, 2016).

a) Princípios da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 provém de conceitos e pilares primordiais para o perfeito desenvolvimento, para isso os princípios que a caracterizam devem ser considerados e implantados nas estratégias da organização. Nas subseções a seguir, serão apresentados os principais princípios da Indústria 4.0.

b) Interoperabilidade

O conceito de interoperabilidade é algo que condiz com um facilitador para a viabilização da indústria 4.0. Dentro das organizações, nesse novo contexto o centro de produção e os colaboradores estão conectados a Iot (Internet das Coisas) e a IoS (Internet dos Serviços), com isso os padrões serão uma forma de sucesso para a comunicação entre os fabricantes e os sistemas cyber-físicos, exigindo de certa forma uma alta cooperação entre todos os setores, sendo esse o primeiro passo para a adoção dessa nova era industrial (SCHWAB e MACKENZIE, 2016).

c) Virtualização

A virtualização permite que o sistema cyber-físico seja capaz de monitorar e fiscalizar todos os processos na organização. Nesse novo contexto as plantas virtuais estão interligadas aos modelos de simulação, ou seja, a cada projeção do mundo físico uma cópia virtual é criada. O modelo virtual possibilita a ligação entre toda a organização, para que em

caso de uma falha no processo um colaborador possa ser notificado, no entanto também são disponibilizadas informações futuras das etapas de trabalho que envolve todo o processo de produção. Contudo, com a Indústria 4.0 é possível criar uma cópia virtual da organização e também rastrear todos os processos devido a sensores que são alocados na planta (HERMANN, PENTEK e OTTO, 2016).

d) Descentralização

A descentralização é o constante intercâmbio de informações, na qual o sistema cyber-físico possui a capacidade de tomada de decisão em tempo real, com isso a possibilidade de ter resultados satisfatórios aumenta, além disso todo o processo de produção possui autonomia sem a necessidade da utilização da mão de obra humana, com isso a produção se torna acelerada, ou em casos específicos reduzida. Portanto, a descentralização é a tomada de decisão em tempo real garantindo a confiabilidade no processo (WAHLSTER *et al.*, 2015).

e) Capacidade em tempo real

Na Indústria 4.0 a capacidade em tempo real é coletar as informações de forma instantânea, ou seja, não é necessário estar fisicamente na organização para tomar decisões, pois as situações atuais dos processos podem ser permanentemente rastreadas e analisadas, e assim o colaborador pode administrar a máquina e redirecionar os produtos para outras máquinas, afim de corrigir possíveis falhas no processo (CHALLENGES, 2016).

f) Orientação a serviços

Para a indústria 4.0 a orientação em serviços consiste em customizar os softwares de acordo com a necessidade da organização. Para isso, é utilizado a Internet dos serviços, que permite integrar todos os usuários e máquinas através de programas de acordo com cada necessidade, ou seja, são programas personalizados e customizados. Portanto, a organização passa a ter maior flexibilidade e usabilidade das ferramentas de integração organizacional (SORIANO *et al.*, 2013).

g) Modularidade

A modularidade consiste em flexibilizar todo o processo de produção, pois possibilita que a organização modifique o arranjo físico da linha através do acoplamento e do desacoplamento dos módulos entre si, ou seja, permite que o processo se torne dinâmico e rápido, para que as demandas dos clientes sejam atendidas com o menor tempo e custos possíveis (SHAHID e ANEJA, 2017).

2.2 Pilares da Indústria 4.0

Diante do exposto nesta pesquisa, a indústria 4.0 permite criar soluções inovadoras para elevar a competitividade de mercado, diminuindo a estagnação do setor industrial quando o mesmo está relacionado a qualidade de vida da sociedade, dos produtos e serviços. Desta forma, os pilares para a implementação são:

- a) Internet das coisas (*Internet of thing; IoT*): trata-se da interligação de equipamentos, máquinas, móveis, veículos, ou seja, todos os objetos que estão relacionados ao ambiente, pois o mesmo também está conectado à rede. Toda conexão é feita através de equipamentos eletrônicos que permitem a troca de dados entre o software e hardware, na qual essa interação é entre o ambiente virtual e o físico respectivamente (SHAHID e ANEJA, 2017) . Toda essa interação ocorre pelo uso de sensores, sendo a base da Era da quarta Revolução Industrial, onde a interação entre dois ambientes permite a criação de sistemas cyber-físicos (DU *et al.*, 2018);
- b) Sistema Físico-Cibernético (*Cyber-Physical Systems*): na Indústria 4.0 trata-se da integração entre os computadores e todos os processos que ocorrem na organização. Com isso, a indústria garante um alto potencial na produção e otimiza através do controle e do monitoramento dos processos afim de atender da melhor maneira possível as necessidades dos clientes, e contribui na eficiência da quarta revolução industrial (LEE, 2008);
- c) *Big Data*: é um termo utilizado para referenciar ao armazenamento de todas as informações que necessitam ser registradas na organização, permitindo que os mesmos sejam analisados posteriormente ou em tempo real caso seja necessário. No caso da Indústria 4.0 a análise de dados é primordial para o processo, visto que

as tomadas de decisão podem ser desde as mais simples ou mais complexas, como por exemplo a parada de uma linha de produção (DUJIN, e GEISSLER, 2014). O termo *Big Data* se classifica em quatro importantes aspectos sendo eles: veracidade, variedade, volume e velocidade. A veracidade se refere a quão verdadeira é a informação. A variedade se refere ao formato dos dados computados, a velocidade ilustra a rapidez que as informações podem ser encontradas e por fim, o volume é a quantidade de dados para serem analisados ao longo do tempo na organização (WENDEN, 2013). É importante ressaltar que a indústria 4.0 processa os dados que são relevantes, com a intenção de utilizar os mesmos em forma de conhecimento para a tomada de decisão inteligente e eficiente, para agregar ainda mais valor nos processos (OLIVEIRA e SIMÕES, 2017);

- d) Segurança dos Dados: na Indústria 4.0 a questão da segurança dos dados exige muita cautela quando está relacionada aos departamentos, sendo este um dos desafios dessa nova era tecnológica (MAYER, 2009). Também na internet industrial, existem dados extremamente confidenciais, como por exemplo etapas de fabricação, ou seja, o fator chave do negócio. Portanto, é de extrema importância proteger os sistemas de ameaças externas, para se ter uma automação independente, eficiente e altamente customizáveis (DE SOUSA JABBOUR *et al.*, 2018);
- e) Robôs autônomos: Na quarta revolução os robôs fazem parte do contexto produtivo, pois na terceira revolução foram criados para reduzir a mão de obra humana nas organizações, principalmente em tarefas repetitivas, e conseqüentemente diminuir os erros e aumentar cada vez mais a produtividade. Vale ressaltar que ambientes cada vez mais automatizados e interligados podem ser chamados de “fábricas inteligentes”, onde os níveis de complexidade na realização dos processos exigem cada vez mais capacidade e autonomia nas tomadas de decisões. Para isso, ter robôs autônomos contribui na segurança dos colaboradores e aumenta a flexibilidade da produção (APARECIDA, 2014);
- f) Simulação: quando se trata de simulação muitos produtos já passam por essa etapa, principalmente na questão do desenvolvimento, na qual é testado a matéria prima e os processos de produção. No entanto, quando tratamos de Indústria 4.0 as simulações farão parte do dia a dia dos colaboradores e dos processos produtivos, onde o mundo virtual irá se unir ao mundo virtual afim de corrigir possíveis erros de produção. A vantagem de a organização utilizar a simulação está na opção de otimização de setup, arranjos celulares e do próprio processo, com isso a

organização passa a ter redução de custos e aumento considerável em qualidade em seus produtos (AHMAD, 2017);

- g) **Manufatura Aditiva:** a manufatura aditiva é uma excelente ferramenta quando tratamos de Indústria 4.0, pelo seu alto desempenho e por se tratar de uma prototipagem rápida na produção de componentes individuais e na produção de protótipos, além disso, pode ser utilizada em uma forma de produção descentralizada e totalmente customizada, resultando em uma menor distância de transporte e de estoque na fábrica (BRANT e SUNDARAM, 2016);
- h) **Realidade Aumentada:** Na indústria 4.0 a realidade aumentada é uma ação conjunta onde o sistema envia informações em tempo real para dispositivos que estão conectados à internet na organização. Com esse tipo de tecnologia as organizações podem realizar diferentes ações como por exemplo reparar algum dispositivo ou máquina na produção utilizando equipamento de realidade aumentada, ou seja, um óculos específico para esse tipo de tecnologia. O mais interessante dessa tecnologia é permitir que o colaborador passe a gerenciar exatamente o problema da linha e assim resolve-lo o mais rápido possível. Com essa tecnologia a organização passa a ter diferentes simplificações nos processos, diminui erros e acaba reduzindo a necessidade de treinamentos para os colaboradores (ZAHARIM e WSEAS, 2012);
- i) **Inteligência Artificial:** na Indústria 4.0 a inteligência artificial é relacionar o sistema cyber-físico com a capacidade de aprender, pensar e agir de forma autônoma a partir de dados armazenados no *big data*, ou seja, dados em tempo real que são direcionados aos colaboradores através da Internet das coisas. Quando a organização possui inteligência artificial todo o ambiente físico possui “consciência” do impacto das ações provindas do sistema, isso faz com que todos os envolvidos busquem o mesmo objetivo. Vale ressaltar que quando se trata de organização pode ocorrer uma disputa interna, e isso faz com que ocorra uma guerra entre todos os setores, e isso impacta diretamente no planejamento organizacional. Contudo, ter a inteligência artificial em uma organização requer uma visão amadurecida onde é necessário combinar os recursos da melhor forma possível para atingir todos os objetivos necessários para o sucesso empresarial (BUCCIOLI, ZORZAL e KIRNER, 2006).

2.2.1 Sustentabilidade, Definições e Características

Constantemente o tema “Sustentabilidade” tem se evidenciado no atual cenário mundial, na qual grande parte das organizações e da população entenderam do quão importante é minimizar a poluição ambiental e os desperdícios advindos das ações industriais. Essas preocupações chegam em todos os setores, que para minimizar os impactos precisam optar por práticas responsáveis e que de certa forma não atinja drasticamente o meio exterior, impactando nas gerações futuras.

Para uma adequada compreensão é importante relacionar que durante as revoluções industriais e tecnológicas houve o surgimento de novas técnicas produtivas e toda essa evolução aumentou a capacidade de produção das organizações, contudo, tal velocidade e capacidade acabaram acarretando divergentes efeitos colaterais para a sociedade atual e futura, tornando a questão de subsistência primordial (MALTHUS, 2011). No entanto, a sociedade necessitou enfrentar novos desafios relacionados aos problemas de desigualdade social, desemprego e principalmente prejuízos ambientais, sendo esse último muitas vezes irreversível (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Mas a questão sustentável fez com que em 1968 fosse criado o Clube de Roma, onde foi formada uma organização de estudiosos cujo o objetivo primordial era descrever e analisar os assuntos referentes a economia, política, meio ambiente e o desenvolvimento sustentável (MUELLER, 2009). O resultado dessa discussão foi um relatório intitulado como “Os limites do crescimento” no ano de 1972. Esse relatório baseava-se em modelos matemáticos onde era possível prever a relação do crescimento econômico e da população mundial, fazendo com que otimizasse o uso dos recursos naturais, no entanto foi verificado que esse modelo poderia “congelar” a economia dificultando o crescimento econômico dos países subdesenvolvidos (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Diante de todas as discussões relacionadas ao desenvolvimento sustentável surgiu o paradigma do termo “Sustentabilidade”, sendo este apresentado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) das Organizações das Nações Unidas (ONU). O conceito foi definido como “ [...] a capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades” (GLAVIČ e LUKMAN, 2007). Vale ressaltar que o termo foi aceito por grande parte dos países, fazendo com que essa discussão fosse importante para o mundo empresarial (BARBOSA, 2008).

Conforme os estudos e as discussões foram avançando, as consequências também cresceram e começaram a surgir então iniciativas para conceituar melhor a ideia de Sustentabilidade nas organizações. Entre essas iniciativas, destaca-se a do sociólogo inglês John Elkington que pregava a ideia de um modelo que relacionava a mudança social fundamentado através do *Triple Botton Line*, ou seja, o tripé da sustentabilidade, que condiz em unir as dimensões econômicas, social e ambiental, com a intenção de equilibrar a sociedade, o planeta e o lucro (CORLETT e PRIMACK, 2011).

Para o autor Elkington (2013), a sustentabilidade deve ser entendida como uma forma de gestão que tem a intenção de lucrar envolvendo todo o desenvolvimento econômico e social, mas sem desconsiderar a proteção dos recursos naturais do planeta, segundo ele os negócios precisam ser gerenciados não apenas do ponto de vista financeiro, mas sim pelos aspectos sociais e ambientais.

O modelo de *Triple Botton Line* ganhou destaque nas organizações por se tratar de um assunto atrativo, na qual grandes indústrias passaram a demonstrar os resultados do seu desempenho econômico, ambiental e social e de outras ações baseadas nesse conceito (ELKINGTON, 2013).

A sustentabilidade também pode ser descrita como uma técnica de desenvolvimento organizacional, onde o resultado está na melhoria da qualidade de vida e da minimização dos impactos ambientais que são causados pelas organizações. Com isso, considera-se a gestão integrada quando a organização trabalha em prol do desenvolvimento social, econômico e ambiental (EKINS *et al.*, 2003).

Diante disso, ser sustentável se tornou um requisito primordial para qualquer organização, visto que há demandas governamentais, sociais e mercadológicas, para isso crescer nesse ambiente competitivo indica criar métodos inovadores para se ter um diferencial competitivo (JOSENDE PAZ e MAHLMANN KIPPER, 2016).

Seguindo a ideia do que é Sustentabilidade muitas organizações se preocupam com o tempo de resposta, pois a competitividade global exige que ele seja cada vez menor. Com isso, as empresas passam a competir constantemente e buscam inovações que tenham impactos significativos em relação a sustentabilidade, mesmo sendo em longo prazo. Vale ressaltar que esse é um desafio constante, onde é necessário encontrar o equilíbrio nos pilares da sustentabilidade, pois caso contrário dificilmente a organização passará a ter a sustentabilidade empregada no negócio (ELKINGTON, 2013).

É importante ressaltar que a sustentabilidade é utilizada para denominar uma gestão empresarial, na qual na medida do possível evita-se problemas com o meio ambiente e tem como objetivo principal fazer com que os efeitos de produção não ultrapassem os recursos ambientais que estão inseridos naquele meio, e dessa forma a organização obtém o desenvolvimento sustentável (LEWIS e LEWIS, 2015).

Todo o processo de Sustentabilidade ganhou força por estar vinculado as instituições públicas (governos estaduais e federal), onde foram criadas normas que estabelecem limites aceitáveis na emissão de poluentes e na extração de recursos naturais, bem como o descarte dos resíduos, com a intenção de conscientizar as organizações no que se refere ao meio ambiente (CARLOS *et al.*, 2015).

Com o conceito estabelecido, a sustentabilidade passou a ter divergentes abordagens, entre elas está na questão do investimento em processos que exijam menos recursos naturais, como a energia por exemplo, ou que poluam menos e utilizem tecnologia limpa, tendo como objetivo primordial desenvolverem suas atividades obtendo impactos ambientais e socioeconômico positivos, e com isso criar uma visão sustentável, ligada diretamente ao gerenciamento da organização (MEADOWS, MEADOWS e RANDERS, 1996).

No entanto, para que uma organização seja sustentável é imprescindível que os gestores difundam o conceito nos diferentes níveis da empresa, colocando em prática e tornando as ações uma rotina, pois a sustentabilidade necessita ser incorporada no planejamento estratégico, não podendo ficar apenas no tático e no operacional. Visto que a sustentabilidade é utilizada de forma ampla, ou seja, muitas organizações passam a estabelecer ações específicas que contribuem com o meio ambiente, porém não está alocada na estratégia empresarial, dificultando que as ações se tornem características da rotina da organização.

2.2.2 Pilares da Sustentabilidade

Quando as questões de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade foram definidas, houve a necessidade de criar uma interação entre as três dimensões, sendo elas a econômica, social e a ambiental. Para que a sustentabilidade funcione adequadamente é necessário que os aspectos dos pilares se encontrem e de forma holística passem a interagir. É importante ressaltar que novos pilares relacionados a sustentabilidade estão sendo estudados

para que essa interação ocorra cada vez mais de forma completa. A Figura 2.1 ilustra adequadamente a sustentação que envolve os pilares Econômicos, sociais e ambientais.

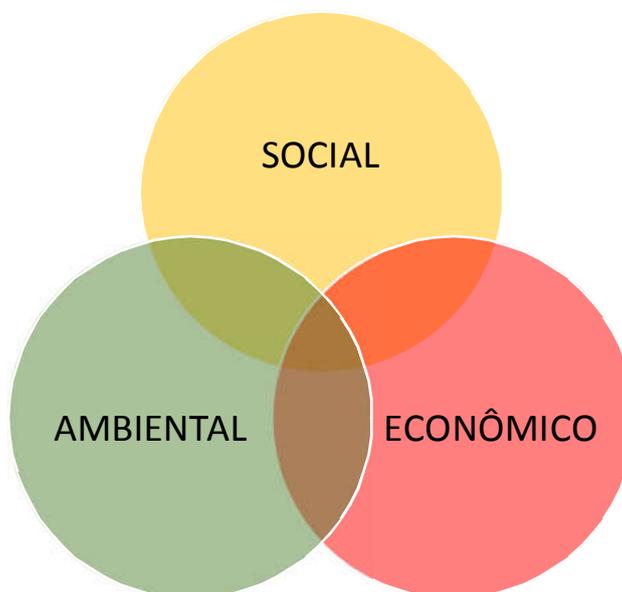


Figura 2.1. Tripé da sustentabilidade. Fonte: (ELKINGTON, p. 9).

Conforme já foi definido acima, a difusão do termo sustentabilidade possui o conceito do TBL (*Triple Bottom Line*) ou o Tripé da sustentabilidade que inclui os aspectos econômicos, social e ambiental, na qual ganhou espaço no meio acadêmico e entre pesquisadores da área e resultou das estratégias das empresas como inovação e geração de valor, para continuar competindo no mercado (ELKINGTON, 2013).

Considerando o mesmo conceito atribuído aos pilares da sustentabilidade, é imprescindível ressaltar que todos os fundamentos que englobam o mesmo devem ser aliados a mudança do paradigma organizacional, visto que muitas organizações tinham a principal concepção de lucrar e crescer no mercado, e que atualmente necessitam conceber a ideia de ser ecologicamente correta, ou seja, incorporar em suas práticas a sustentabilidade empresarial (MATTIODA e CANGIOLIERI JUNIOR, 2012).

Quando consideramos o conceito individual do tripé da Sustentabilidade, é possível classificar as diferentes dimensões, sendo elas:

- a) Social: é possível buscar um padrão que desenvolva uma equivalência de renda, permitindo uma melhoria nos direitos da maior parte da população, e assim reduzir a desigualdade social (LEE, 2008; FURNIVAL, 2014) .

- b) Econômico: através de setores privados deverá ser possível ter um rendimento eficiente e com isso minimizar o uso de recursos naturais, possibilitando uma melhor interação entre os aspectos sociais e ambientais (MATTIODA e CANGIOLIERI JUNIOR, 2012);
- c) Ambiental: classificada como um dos pilares mais importante do TBL, pois é entendida em como manter a capacidade do planeta mediante a utilização dos recursos, e diminuir consideravelmente os impactos negativos, e com isso encontrar formas de substituir os recursos não-renováveis por renováveis (HELENA e PPGEP, 2008).

O tripé através de um modelo conceitual, permite afirmar que a questão econômica depende de todo o ecossistema, na qual os demais conceitos estão interligados, ou seja, as organizações operam de acordo com os lucros, e a mesma necessita satisfazer as partes interessadas, neste caso a sociedade, através de desempenhos corretos que melhorem o desempenho ambiental e o social (MATTIODA e CANGIOLIERI JUNIOR, 2012).

Dessa forma, é possível que as organizações identifiquem as divergências entre o sucesso econômico e o financeiro, e com isso ser possível realizar escolhas positivas que não sejam críticas tanto para os resultados sociais bem como ambientais.

Durante a implantação de iniciativas sustentáveis, a organização passa por diversos estágios. Inicialmente as primeiras ações ocorrem de forma isolada, onde ela passa a amadurecer e conhecer os conceitos e adere as práticas em forma de necessidade para utilizar os indicadores para medição e até mesmo *Marketing*. Passado esse estágio inicial, ocorre o que muitos autores classificam como práticas fluidas, na qual a relação da sustentabilidade está ligada diretamente ao negócio empresarial. Por fim, o último estágio é quando a organização aceita e utiliza o conceito de TBL como um modelo estratégico baseados no tripé da sustentabilidade, e entende que esse estágio é primordial para o sucesso empresarial (COTRIM e GOUVEIA, 2006).

Portanto, pode-se afirmar que os conceitos de TBL, em relação as questões ambientais, econômicas e sociais, estão sendo utilizadas em organizações do mercado mundial, onde as ações relacionadas a sustentabilidade têm aumentado consideravelmente e transformado as ações positivas das empresas (COTRIM e GOUVEIA, 2006).

2.3 Impactos da Indústria 4.0 na Sustentabilidade Empresarial

A Indústria 4.0 vem sendo estudada cada vez mais, por se tratar de uma revolução nos processos de manufatura, tendo por base o uso de tecnologias e ser capaz de integrar o ambiente virtual ao ambiente físico, visto que através da coleta de dados em tempo real a organização passa a tomar decisões de forma cada vez mais autônoma (PEREIRA, ADRIANO e OLIVEIRA, 2018).

Apesar de diversos pontos positivos serem demonstrados na literatura, ainda há muito o que definir em relação à Indústria 4.0 e a Sustentabilidade Empresarial, para isso nessa dissertação foi colocado diversos impactos que servem de sustentação para a pesquisa, na qual através da literatura e de especialistas foram encontrados e analisados. Todos os impactos serão detalhados e apresentados no Quadro 2.1, e por fim serão explorados em tópicos subsequentes.

Quadro 2.1. Impactos da Indústria 4.0 na Sustentabilidade Empresarial.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Nº	Descrição	Autores
1	Com a Indústria 4.0 será possível atuar de forma descentralizada na produção de itens; como consequência, haverá redução no fluxo de atividades logísticas e isso permitirá menor impacto ambiental, visto que as atividades de transporte serão reduzidas e irão exigir menor consumo de energia e/ou combustível.	(GERLITZ, 2015);(YIN; QIN, 2019);(HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016);(AL., 2017);(SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016);(KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016).
2	Com a Indústria 4.0 será possível a utilização mais precisa dos recursos energéticos nos equipamentos e das matérias primas devido ao aumento de eficiência dos processos e do aprendizado de máquina; como consequência, haverá menor impacto ambiental proporcionado pelo processo produtivo.	(BEIER <i>et al.</i> , 2017);(KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016);(STOCK; SELIGER, 2016);(SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2015).
3	De forma adicional ao item anteriormente citado, os conceitos da indústria 4.0 também possibilitarão compreender melhor as reais necessidades dos clientes, sendo possível assim produzir pequenos lotes voltados a determinadas demandas e produtos customizados, o que também possibilitará menor impacto ambiental do processo produtivo.	(GERLITZ, 2015);(SCHWAB; MACKENZIE, 2016);(COELHO, 2016);(SHAFIQ <i>et al.</i> , 2015);(STOCK; SELIGER, 2016);(MONOSTORI, 2015);(KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016);(HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).
4	A customização em massa, por sua vez, aumentará o consumo de produtos e serviços, visto que os mesmos serão mais "atraentes" aos olhos dos consumidores, gerando assim maior quantidade de resíduos no pós-uso.	(SCHWAB; MACKENZIE, 2016);(CARLOS <i>et al.</i> , 2015);(COELHO, 2016);(BORLIDO, 2017);(KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016);(OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).
5	Os conceitos das Indústria 4.0 tornarão os processos fabris mais autônomos e eficientes, exigindo assim menor uso da força de trabalho humano em várias tarefas manuais e repetitivas quando comparado aos processos industriais atuais; tal mudança proporcionará um menor número de empregos e afetará boa parte dos trabalhadores que não conseguirão se qualificar no mesmo ritmo das modernizações.	(SCHWAB; MACKENZIE, 2016);(HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016);(AIRES, 2018);(BUHR, 2015).
6	Se por um lado a indústria 4.0 reduzirá a oferta de empregos para atividades manuais e mais repetitivas, por outro proporcionará o surgimento de novas profissões de alto valor agregado do ponto de vista do conhecimento e exigirá que a força de trabalho se qualifique do ponto de vista técnico e educacional, contribuindo assim para o desenvolvimento das pessoas.	(SCHWAB; MACKENZIE, 2016);(KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016);(HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

7	Com maior poder de automação e maior capacidade de decisão, robôs poderão substituir seres humanos em tarefas consideradas perigosas e, como consequência, haverá a redução do número de acidentes de trabalho quando comparado aos processos atuais. O ambiente de trabalho também se tornará mais agradável e proporcionará melhor qualidade de vida ao funcionário.	(KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016); (YIN; QIN, 2019); (KUZNAZ; PFOHL; YAHSI, 2015); (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016); (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016).
8	A adoção dos conceitos da indústria 4.0 proporcionará maiores oportunidade no mercado de trabalho para pessoas que tenham algum tipo de necessidade especial, visto que muitos processos funcionarão por meio do reconhecimento de voz e realidade virtual; permitirá assim maior participação das mesmas no ambiente industrial.	(RÜBMANN <i>et al.</i> , 2015); (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016).
9	Para muitos autores, a indústria 4.0 exigirá das profissionais habilidades intelectuais e cognitivas, além de multidisciplinaridade e capacidade de atuação em equipe. Tais características permitirão o aumento do número de mulheres nas organizações visto que as mesmas no geral se destacam nas características supracitadas.	(SCHWAB; MACKENZIE, 2016);(HECKLAU <i>et al.</i> , 2016); (KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016);(HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).
10	A grande quantidade de sensores nos produtos e nos equipamentos produtivos permitirá identificar situações danosas ao ser humanos, contribuindo assim para ganhos do ponto de vista da ergonomia física e cognitiva.	(KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016);(BAUER <i>et al.</i> , 2015);(ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016).
11	As etapas de cadeia de valor serão incorporadas desde o desenvolvimento até a pós-venda e com isso passará a ser mais colaborativa desde o fornecimento da matéria prima até o cliente final; isso permitirá uma melhor análise dos impactos ambientais, sociais e econômicos que um produto proporciona.	(OLIVEIRA; SIMÕES, 2017);(GERLITZ, 2015);(KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016);(HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).
12	Com o advento da indústria 4.0 surgirão oportunidades para modelos de negócios inovadores e isso favorecerá o surgimento de <i>startups companies</i> e pequenas empresas, permitindo assim maior participação de profissionais no mercado de trabalho.	(STOCK; SELIGER, 2016); (KAGERMANN <i>et al.</i> , 2016); (BUHR, 2015);(OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).

a) Impacto 1

Diariamente é possível observar a crescente industrialização e a necessidade de atender a demanda diária da população, com isso consequentemente ocorre o aumento da quantidade de produtos que necessitam ser industrializados, o que implica na constante movimentação da matéria prima e de produtos acabados dentro da organização e fora para que o cliente final fique plenamente satisfeito com seu pedido.

No entanto, o aumento da industrialização resultou em divergentes problemas ambientais que necessitam serem corrigidos, para que as próximas gerações não tenham um futuro tão comprometido (YIN e QIN, 2019).

Com isso, a Indústria 4.0 busca através de novas práticas e tecnologias minimizar o resultado negativo advindo da produção, contribuindo assim para o tão difundido conceito de crescimento sustentável (HERMANN, PENTEK e OTTO, 2016). Para isso, as empresas adotam meios de transportes menos poluentes, com menos consumo de energia, reutilizam os rejeitos de produção para minimizar tais impactos prejudiciais ao meio ambiente, com o intuito de contribuir para a Sustentabilidade empresarial (WAHLSTER *et al.*, 2015).

É importante salientar que as organizações tentam atingir novos mercados e novos consumidores, através do conceito da internacionalização das empresas (AL, 2017). Porém, as

empresas necessitam se preocupar com a questão ambiental e buscam incorporar nas estratégias o conceito da sustentabilidade para se tornar cada vez mais competitiva (SCHUMACHER, EROL e SIHN, 2016).

Contudo, pode se afirmar que a sustentabilidade na Indústria 4.0 surgiu como um desafio significativo, e que fará parte da competitividade da organização, indo não só em busca da matéria-prima mas sim de todo o processo para se obter o produto final, e assim se tornar um modelo de gestão nas empresas (KAGERMANN *et al.*, 2016).

b) Impacto 2

Os impactos da indústria 4.0 são divergentes e quando a questão produtiva é tratada é possível afirmar que com a quarta revolução haverá o aumento da eficiência e conseqüentemente menor impacto ambiental (BEIER *et al.*, 2017).

Com isso, os processos diferenciados das indústrias de manufatura acabam necessitando de equipamentos com processos contínuos, ou seja, sem interrupção, e com isso a eficiência e os recursos energéticos precisam ser altos resultando em maiores impactos ambientais (KAGERMANN *et al.*, 2016). Geralmente essas indústrias são de capitais intensivas e com grande faturamento e elevadas escalas de produção, que conseqüentemente geram altos volumes de resíduos e extração de matéria-prima. Com a Indústria 4.0 todos os processos terão elevada automação e tecnologia diminuindo consideravelmente os impactos negativos que são gerados na organização (STOCK e SELIGER, 2016).

Contudo, especialistas afirmam que o impacto mais relevante será a economia de energia, pois as máquinas e os equipamentos serão “inteligentes” e programados pelo controle de produção e com isso possibilitarão a economia de energia em diferentes estágios do processo produtivo (SARTORI, LATRÔNICO e CAMPOS, 2015). Como consequência positiva, a qualidade dos produtos também irá melhorar, visto que os processos sofrerão correções constantes através das análises de dados em tempo real, pois os equipamentos terão sensores atuando que serão capazes de prevenir defeitos ao longo do processo (BEIER *et al.*, 2017).

Portanto, a utilização da matéria-prima será precisa pois com um alto controle produtivo é possível verificar qual a quantidade necessária para a produção aumentando a

eficiência e reduzindo os impactos negativos gerados a sustentabilidade (KAGERMANN *et al.*, 2016).

c) Impacto 3

Com a Indústria 4.0 será possível administrar a produção com o enfoque total no consumidor (KAGERMANN *et al.*, 2016), assim as indústrias poderão ter mais flexibilidade e autonomia na produção, pois será possível se adaptar as demandas de mercado de forma rápida e de baixo custo (GERLITZ, 2015).

Com o fator de rapidez da automação inserido nos processos, os produtos podem ser customizados, e esse fator poderá revolucionar o processo de manufatura, pois as fábricas inteligentes serão capazes de levar a personalização de cada cliente em consideração, se adaptando às preferências e critérios específicos (SHAFIQ *et al.*, 2015).

O consumidor necessita de soluções personalizadas e para isso a Indústria necessita responder com produtos específicos, para isso a quarta revolução industrial irá corresponder entregando algo único e de acordo com a especificação do cliente (COELHO, 2016). Isso demonstra que a indústria 4.0 será totalmente flexível para atender as necessidades do cliente até a última etapa do processo (SCHWAB e MACKENZIE, 2016).

Para o setor industrial esse será um caminho de sobrevivência em relação a concorrência sofrida pelas indústrias, para isso é imprescindível que o Brasil não entre para a nova era da indústria (STOCK *et al.*, 2018). No entanto as características da Indústria 4.0 oferece a capacidade de atender as necessidades dos clientes de forma adaptada, onde será possível configurar pequenos lotes de produção diminuindo os custos e dessa forma a indústria poderá suportar a demanda de forma independente (MONOSTORI, 2015).

Através de informações de capacidade produtiva será possível combinar produtos e serviços únicos, no entanto são necessários a gestão e o desenvolvimento organizacional, e por meio de processos e tecnologias será possível garantir a eficiência e a eficácia das entregas gerando fluidez durante todo o processo, diminuindo os impactos negativos da produção à sustentabilidade (COELHO, 2016).

d) Impacto 4

A Indústria 4.0 irá permitir um conjunto de avanços tecnológicos, ou seja, fábricas inteligentes que terão interações sem a necessidade da intervenção humana (KAGERMANN *et al.*, 2016). Com isso, será possível trocar informações importantes com a intenção de otimizar decisões ao longo de todo o processo, como também permitir que a organização combine a produção em massa de forma personalizada (OLIVEIRA e SIMÕES, 2017).

Esse novo modelo de produção, trouxe a necessidade de criar métodos de gerenciamento, com isso é possível utilizar todos os parâmetros da indústria 4.0 de modo mais efetivo (SCHWAB e MACKENZIE, 2016). Dessa forma, todas as tecnologias que compõem o modelo impactam diretamente na gestão empresarial, ou seja, desde a concepção do produto, a produção e a entrega para o cliente final.

Nesse contexto as competências geradas pela quarta revolução gerou a customização em massa e permitiu um melhor planejamento, organização e controle dos processos, e com isso será possível suprir todos os requisitos dos clientes e assim aumentar cada vez mais a competitividade organizacional (COELHO, 2016). Outro fator importante são as estratégias relacionadas a tecnologias, e com isso produzir de acordo com a demanda, ou seja, conforme os dados analisados em tempo real será possível produzir somente quando a demanda é confirmada, afim de reduzir o excesso de produção, e consequente reduzir o impacto ambiental (CARLOS *et al.*, 2015).

Portanto, acredita-se que com a quarta revolução industrial haverá diminuição de incertezas sobre a demanda vinda do mercado consumidor, e isso permite maior visibilidade na cadeia produtiva e aumentará o controle através dos dados em tempo real (BORLIDO, 2017), isso facilitará todo o modelo de estratégia e permitirá que as organizações realizem a customização em massa para atender os divergentes padrões de consumo com um menor prazo de produção e com o menor impacto ambiental possível (SCHWAB e MACKENZIE, 2016).

e) Impacto 5

Com os conceitos da Indústria 4.0, um dos impactos associados a questão social está na força de trabalho, na empregabilidade e na necessidade de aperfeiçoar as habilidades

para o uso de tais tecnologias, gerando assim a necessidade de qualificação profissional, sendo esse um dos desafios a serem superados pela quarta revolução industrial (SCHWAB e MACKENZIE, 2016).

Nesse mesmo conceito, há o lado controverso e mais crítico desse novo modelo: o número de empregos que será reduzido, pois segundo especialistas ocorrerá oportunidade limitadas para aqueles que não conseguirem se qualificar no mesmo ritmo da revolução, e com isso ocorrerá o desaparecimento de diversos postos de trabalho (HERMANN, PENTEK e OTTO, 2016).

A Indústria 4.0 será responsável por criar o “desemprego tecnológico”, ou seja, quando a mão de obra fica obsoleta com o uso da tecnologia e assim será necessário que os colaboradores se qualifiquem para as áreas afins, conseqüentemente gerará maiores desigualdades na questão social (BUHR, 2015).

Contudo, com um número de emprego reduzido conseqüentemente haverá o maior uso da tecnologia nos processos, com isso os processos serão flexíveis e autônomos exigindo assim tarefas repetitivas e manuais, facilitando no controle da qualidade e diminuindo riscos ao colaborador e proporcionando o menor impacto sustentável possível (AIRES, 2018).

f) Impacto 6

É possível observar que a cada revolução a tecnologia passa a se tornar papel fundamental nos processos industriais (KAGERMANN *et al.*, 2016). Com isso haverá a redução de oferta de empregos, porém ocorrerá o surgimento de novas profissões em um nível estratégico, na qual será necessário um colaborador qualificado e que possa utilizar as tecnologias disponíveis nessa nova era tecnológica e industrial (SCHWAB e MACKENZIE, 2016).

É imprescindível ressaltar que as tecnologias relacionadas ao processo estão sendo adquiridas para melhorar a qualidade e os produtos a serem desenvolvidos, também é importante relacionar que os profissionais passarão a ter habilidades com ciência e alto grau de habilidades distintas, e com isso o mercado ganhará um colaborador multidisciplinar, resultando em uma nova base de colaboradores (HERMANN, PENTEK e OTTO, 2016).

Para alguns especialistas a solução para essa situação está na própria sociedade, pois os colaboradores precisam se preparar tecnologicamente e preparar um novo perfil profissional, além de buscar entender o funcionamento da quarta revolução industrial e todo o processo que envolve a nova era (SCHWAB e MACKENZIE, 2016).

Portanto, para se ter um desenvolvimento profissional é importante que a sociedade se prepare para atuar nas novas áreas profissionais que irão surgir e assim poder ocupar posições de alto valor agregado e estratégico (KAGERMANN *et al.*, 2016).

g) Impacto 7

Quando é tratado o aspecto de automação industrial na quarta revolução, é natural verificar nas linhas de produção um alto nível de tecnologia, ou seja, o intenso uso de robôs (KAGERMANN *et al.*, 2016). O uso intensivo de máquinas já programadas irá permitir um maior controle e precisão nos processos, consequentemente reduzirá acidentes de trabalho em tarefas consideradas perigosas (YIN e QIN, 2019).

É importante ressaltar que o uso de robôs em linhas de produção reduz o erro humano, aumenta a capacidade de produção e permite ter mais eficiência nos processos (KUZNAZ, PFOHL e YAHSI, 2015). Com a utilização da tecnologia nos processos haverá redução de custos e mudança na gestão, para isso é necessário ter um ambiente altamente tecnológico, no entanto é necessário o amadurecimento operacional, para que toda a demanda seja atendida e que a eficiência energética contribua para a cadeia produtiva da organização (ROBLEK, MEŠKO e KRAPEŽ, 2016).

No entanto, os sistemas de produção da indústria 4.0 necessita de uma estrutura de comandos para controlar o setor produtivo, para isso é necessário desenvolver a cultura organizacional, preparar os colaboradores para que a gestão comande os processos e os robôs controlem a capacidade de decisão, segundo a análise dos dados gerados pela tecnologia da quarta revolução industrial (OESTERREICH e TEUTEBERG, 2016).

Contudo, outro fator positivo será um ambiente agradável, pois os colaboradores farão parte da gestão e controle produtivo, porém as tarefas repetitivas e consideradas pesadas ficarão na responsabilidade da automação e dos robôs, facilitando o dia a dia organizacional e permitindo uma maior interação entre a gerencia e o setor produtivo (YIN e QIN, 2019).

h) Impacto 8

Com a utilização da IoT será possível alocar pessoas com algum tipo de necessidade especial, visto que os processos terão sensores que irão auxiliar esse tipo de colaborador (RÜBMANN *et al.*, 2015). É importante ressaltar que a adoção das tecnologias da indústria 4.0 permitirá um maior número de vagas que atendam esse perfil específico e permitirá que esses colaboradores sejam qualificados para interagir nos processos (ROBLEK, MEŠKO e KRAPEŽ, 2016). As tecnologias serão desde a realidade virtual, sensores, reconhecimento de voz, análise de dados em tempo real entre outras.

Para as indústrias de manufatura é imprescindível que tenham flexibilidade para se adaptar ao novo modelo de inclusão, ou seja, é importante que tanto as organizações quanto ao colaborador sejam capazes de lidar com as novas tecnologias e habilidades necessárias para a realização dos processos (RÜBMANN *et al.*, 2015).

i) Impacto 9

Na indústria 4.0 serão necessários colaboradores com habilidades intelectuais e cognitivas, além de necessitar da capacidade de atuação em equipe, para isso os indivíduos deverão ter formação multidisciplinar e flexível, além de conhecer idiomas e ferramentas tecnológicas (SCHWAB e MACKENZIE, 2016).

Com isso, haverá o aumento do número de mulheres nas organizações, visto que o perfil feminino possui essas características e de forma geral podem contribuir para essa nova era tecnológica no setor produtivo (KAGERMANN *et al.*, 2016). Contudo, apesar das organizações necessitarem de uma mão de obra com formação específica, ao contratar o colaborador será necessário moldar e preparar o profissional para que o mesmo tenha um olhar em diferentes perspectivas no ambiente produtivo (HERMANN, PENTEK e OTTO, 2016).

Para alguns especialistas, a mão de obra não será um pré-requisito e sim um investimento no capital intelectual da organização, ou seja, a indústria passará a colocar a tecnologia e o comportamento dos colaboradores, integrando assim as tecnologias da nova era da produção (HECKLAU *et al.*, 2016).

Portanto, a inteligência emocional e as habilidades intelectuais terão papéis fundamentais no desenvolvimento dos colaboradores, sendo assim as mulheres terão oportunidades de exercer funções estratégicas como a liderança e o apoio organizacional e assim contribuir para um menor impacto ambiental no pilar que envolve a questão social (KAGERMANN *et al.*, 2016).

j) Impacto 10

Na Indústria 4.0 haverá a utilização de sensores em todo o processo, permitindo o desenvolvimento e otimização do processo e gerando vantagens para a gestão da produção (KAGERMANN *et al.*, 2016). Investir nos sensores contribuirá para evitar danos aos colaboradores e assim irá contribuir para a ergonomia e o bem-estar do funcionário (BAUER *et al.*, 2015).

Contudo, na indústria 4.0 os colaboradores terão papel fundamental na organização e para que a mesma tenha bons resultados os funcionários precisam estar bem e para isso a tecnologia terá papel fundamental e irá auxiliar na gestão e na saúde e segurança do trabalho na nova era da Indústria (ROBLEK, MEŠKO e KRAPEŽ, 2016).

Os sensores farão parte da segurança do trabalho para auxiliar no controle e na medicina preventiva dos colaboradores, monitorando o setor produtivo e evitando acidentes, alterando os mesmos de acordo com a necessidade da produção, de forma ágil e em tempo real (BAUER *et al.*, 2015).

k) Impacto 11

Com o desenvolvimento da Indústria 4.0 as etapas de cadeia de valor através de uma boa gestão poderão ter seus custos otimizados, principalmente em relação da prevenção as perdas no processo, como por exemplo os estoques com dados duvidosos (OLIVEIRA e SIMÕES, 2017). Para isso, uma gestão que contribua para a cadeia de valor reduz custos em divergentes setores, contribuindo com a integração de todas as etapas que compõem o fluxo, atingindo assim o pilar econômico da sustentabilidade (GERLITZ, 2015).

Seguindo esse conceito, com essa era tecnológica será possível acompanhar toda a cadeia, desde a matéria-prima até o produto entregue ao consumidor final, conseqüentemente ocorrerá a economia de energia e insumos (GERLITZ, 2015), diminuindo os custos operacionais e evitando desperdícios e assim produzindo com qualidade, segurança e de forma sustentável (KAGERMANN *et al.*, 2016).

Portanto, a indústria 4.0 contribuirá com a cadeia de valor permitindo uma melhor utilização dos recursos e dos fluxos de trabalhos, reduzindo os impactos ambientais e sociais (HERMANN, PENTEK e OTTO, 2016).

1) Impacto 12

Com a inovação e o uso da tecnologia haverá oportunidades para modelos de negócios com ideias inovadoras, abrindo o mercado e oferecendo oportunidades ao mercado de trabalho (STOCK e SELIGER, 2016).

Essa percepção deverá ser reforçada pelas estratégias do governo e dessa forma proporcionar créditos aos investidores para favorecer o surgimento de novas empresas com o princípio da indústria 4.0 (SCHWAB e MACKENZIE, 2016). Essas startups companies irão impactar diretamente nas grandes indústrias, visto que muitas irão oferecer o serviço de sistemas de controle de gestão, impactando diretamente no controle dos processos (KAGERMANN *et al.*, 2016).

Contudo, a criação de novas organizações permitirá que vagas no mercado de trabalho sejam criadas e assim novas oportunidades ocorrerão para os profissionais que estão disponíveis no mercado, diminuindo a taxa de desemprego e criando novas profissões (BUHR, 2015).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo apresenta a caracterização da pesquisa segundo os critérios clássicos e os procedimentos metodológicos empregados para o alcance dos resultados. Tais informações permitem maior clareza ao estudo.

3.1 Caracterização da pesquisa

Uma pesquisa pode ser definida e classificada como um procedimento que visa esclarecer e buscar respostas a situações cotidianas; para tal apresenta diferentes processos que vão desde a formulação da questão norteadora até o estabelecimento das conclusões. A caracterização de uma pesquisa permite classificar o estudo e, dessa forma, tornar mais claros os princípios e resultados esperados (DEMO, 2000; SILVA e MENEZES, GIL, 2010). A Figura 3.1 sintetiza as possíveis classificações de uma pesquisa em diferentes categorias de análise, tomando por base as recomendações de GIL (2010) e KÖCHE (2007).

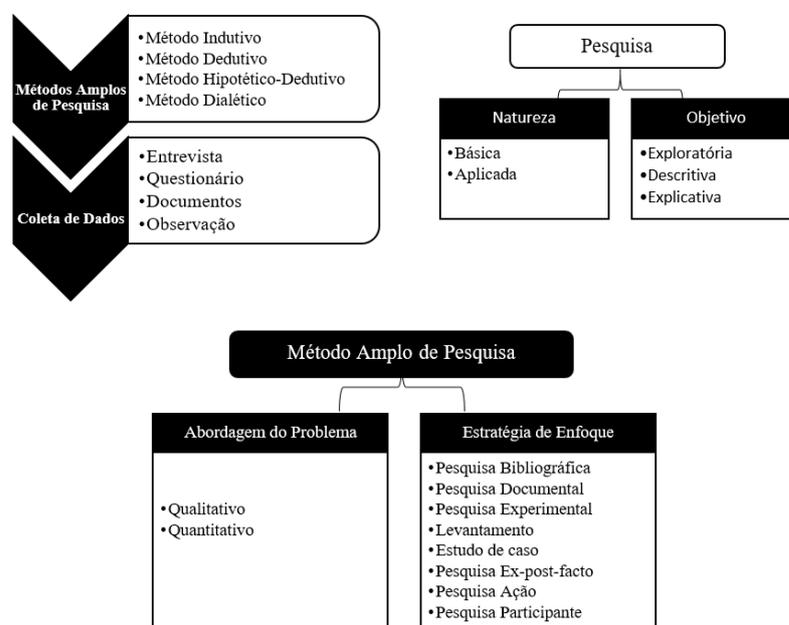


Figura 3.1. Classificações plausíveis para uma pesquisa.

Fonte: Elaborado pela autora com base em GIL (2010) e KÖCHE (2007).

Em relação aos métodos amplos, as classificações possíveis são: indutivo, dedutivo, hipotético-dedutivo e dialético. De acordo com Lakatos (2007) o método indutivo parte de algo

particular para uma questão mais ampla, ou seja, algo geral; nesse caso o objetivo é concluir questões amplas estabelecidas baseadas em experimentações. Para Gil (2010), tal método permite comparar e descobrir as relações existentes. Ainda nesse contexto de classificação ampla, o método dedutivo apresenta características opostas, pois nesse caso o pesquisador parte de uma generalização para uma questão particularizada. Há uma questão lógica envolvida, sendo possível identificar uma relação estritamente formal (LAKATOS, 2007; MOREIRA, 2002). Analisando a pesquisa apresentada por esta dissertação, pode-se concluir que a mesma possui características indutivas, uma vez que almeja a generalização de informações a partir de estudos pontuais. Ressalta-se que a autora desta dissertação classifica a pesquisa como indutiva mesmo a amostragem sendo não probabilística.

Focando as estratégias de pesquisa, foram utilizados neste estudo a pesquisa bibliográfica e o levantamento. Por meio da pesquisa bibliográfica foi possível abordar todas as informações que se relacionam com a temática estudada, utilizando como base artigos em *journal* e livros. Tal estratégia permite ao pesquisador obter as informações contundentes e estabelecer uma fundamentação teórica (GIL, 2010). O levantamento, por sua vez, se caracteriza como um procedimento no qual se realiza o questionamento direto de pessoas que estão ligadas a um tema de interesse, facilitando assim a compreensão do comportamento do grupo (GIL, 2010; ANHOLON e SANO, 2016). Na presente dissertação, o levantamento foi realizado junto a 40 profissionais que de alguma forma estão relacionados ao tema Indústria 4.0.

Para a abordagem de pesquisa as opções são qualitativa, quantitativa e mista, segundo Godoy (1995) e Gray (2012). A pesquisa descrita por essa dissertação procurou usar a vertente mista, uma vez que se vale de características tanto quantitativa quanto qualitativas para estudar o fenômeno em questão, no caso os possíveis impactos que serão proporcionados pela indústria 4.0 à sustentabilidade de empresas brasileiras.

Em relação à natureza, uma pesquisa pode ser considerada básica ou aplicada. A pesquisa básica é aquelas na qual se procura gerar conhecimento sem uma aplicação propriamente dita; em geral tal tipo de pesquisa possibilita grandes avanços da ciência (SILVA e MENEZES, 2001). A pesquisa aplicada, por sua vez, possui foco na solução de problemas específicos, permitindo melhor compreensão e aprofundamento de uma questão estudada (GIL, 2010). A pesquisa descrita por esta dissertação, frente ao desenvolvimento, pode ser classificada como aplicada.

Por fim, os objetivos de um estudo podem ser classificados em três vertentes, a saber: exploratórios, descritivos e explicativos (GIL, 2010). Nas pesquisas exploratórias, a intenção é obter familiaridade e aprofundamento de um determinado assunto ainda não tão bem delineado pela academia. Em alguns casos, tal tipo de pesquisa pode exigir a realização de entrevistas com pessoas que possuem experiência em determinado assunto ou vivenciaram uma determinada situação. As pesquisas de caráter descritivo objetivam descrever detalhadamente uma determinada questão e estabelecer relação entre as variáveis estudadas. A terceira vertente, pesquisas explicativas, visa identificar ações que facilitam a ocorrência de um determinado fenômeno (GIL, 2010). A pesquisa aqui descrita pode ser classificada como exploratória, pois a autora desta dissertação acredita que os possíveis impactos da indústria 4.0 na sustentabilidade das empresas brasileiras ainda é um assunto pouco explorado.

Ainda na caracterização da pesquisa, o questionário apresenta um conjunto de questões que possibilitam gerar dados para atingir um determinado objetivo (PARASURAMAN, 1997). É válido afirmar, que para o autor nem todas as pesquisas utilizam como instrumento de pesquisa a coleta de dados, ainda assim a elaboração e a gestão de um questionário não pode ser considerado simples, pois não existe um padrão e sim recomendações que fundamentam essa etapa. Para uma pesquisa, a elaboração do questionário é fundamental para que os dados coletados sejam utilizados e considerados válidos.

Para Lakatos e Marconi (2007), a eficácia de um questionário só pode ser aumentada se cinco recomendações forem seguidas, sendo elas: (1) o tema escolhido deve estar alinhado com o objetivo principal da pesquisa; (2) o questionário não deve ser extenso, afim de não causar cansaço, e ao mesmo tempo não deverá ser muito curto, pois pode não oferecer informações importantes; (3) as respostas das questões apresentadas devem ser codificadas, para facilitar a gestão das respostas; (4) é necessário descrever orientações sobre como deve respondê-lo e por fim, a última recomendação (5) a estética do questionário deve ser agradável permitindo que o entrevistado se sinta bem ao responder.

Visando sintetizar a caracterização da presente pesquisa, apresenta-se por meio do Quadro 3.1 um resumo das classificações realizadas.

Quadro 3.1. Classificação da pesquisa. Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Métodos	Classificação
Método Amplo	Indutivo
Estratégia de Enfoque	Pesquisa Bibliográfica
	Levantamento
Abordagem do Problema	Mista
Natureza	Aplicada
Objetivo	Exploratório
Coleta de Dados	Questionário

3.2 Método

A Figura 3.2 apresenta as etapas realizadas na pesquisa que possibilitaram o alcance dos resultados. Detalhes sobre algumas dessas etapas serão apresentados posteriormente.

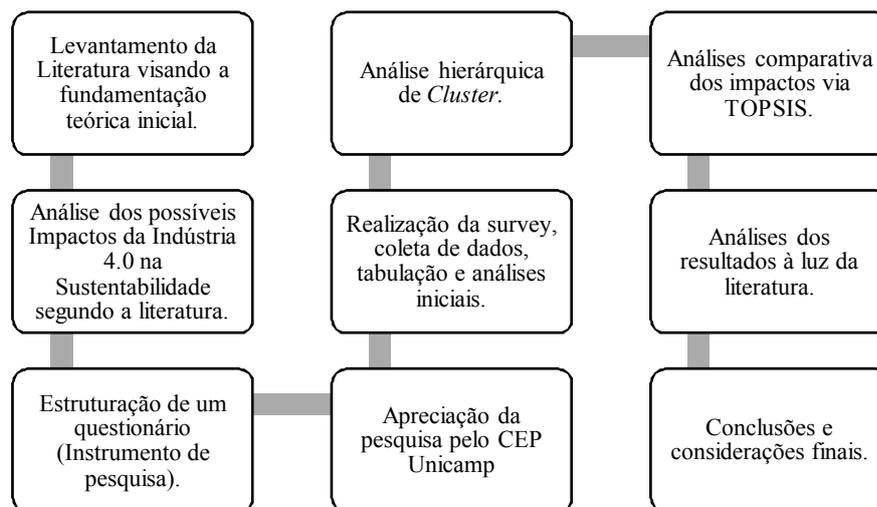


Figura 3.2. Etapas desenvolvidas para a realização da pesquisa.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

a) Levantamento da Literatura:

O levantamento da literatura foi realizado inicialmente com o intuito de estabelecer a fundamentação teórica sobre Indústria 4.0 e sustentabilidade empresarial e, posteriormente, para estudar mais a fundo os possíveis impactos decorrentes. No total, foram selecionados 89

artigos oriundos das seguintes bases acadêmicas: *Elsevier*, *Taylor and Francis Online*, *Emerald Insight*, *Scopus* e outros.

Toda a busca foi realizada durante 5 meses, entre dezembro de 2018 e maio de 2019, e os principais termos utilizados foram: “Indústria 4.0”, “Sustentabilidade”, “Sustentabilidade empresarial”, “Impactos” e “Consequências”. Todas as combinações possíveis foram realizadas em português e em inglês. É importante ressaltar que para a estruturação dos possíveis impactos, a pesquisa focou apenas artigos relacionados ao assunto no período compreendido entre 2015 e 2019. Tal decisão se deve ao fato de que os debates referentes a sustentabilidade empresarial na quarta revolução ganharam intensidade após o ano de 2015. Dos 89 artigos selecionados ao todo, 25 artigos foram utilizados para a construção do Quadro 2.1. As Figuras 3.3 e 3.4 apresentam a quantidade de artigos provenientes de cada base e o ano de publicação, respectivamente.

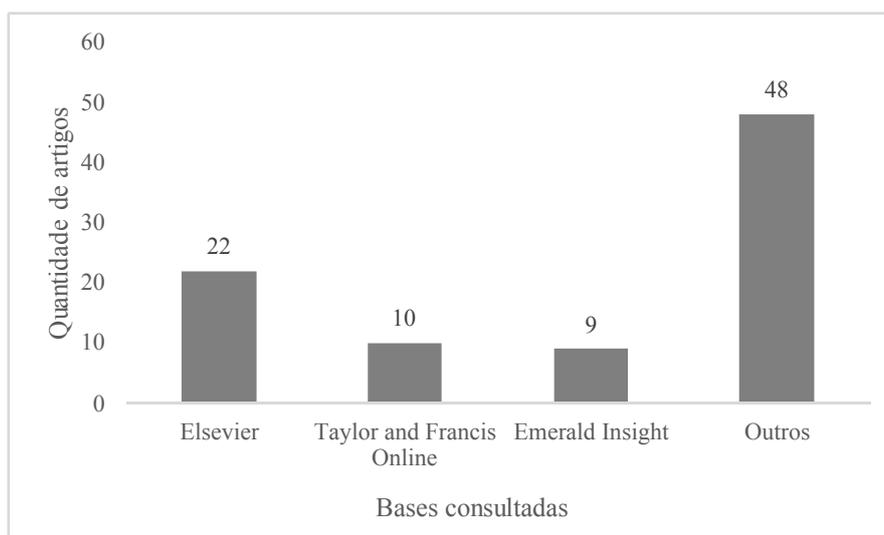


Figura 3.3. Origem dos artigos consultados. Fonte: autora (2019).

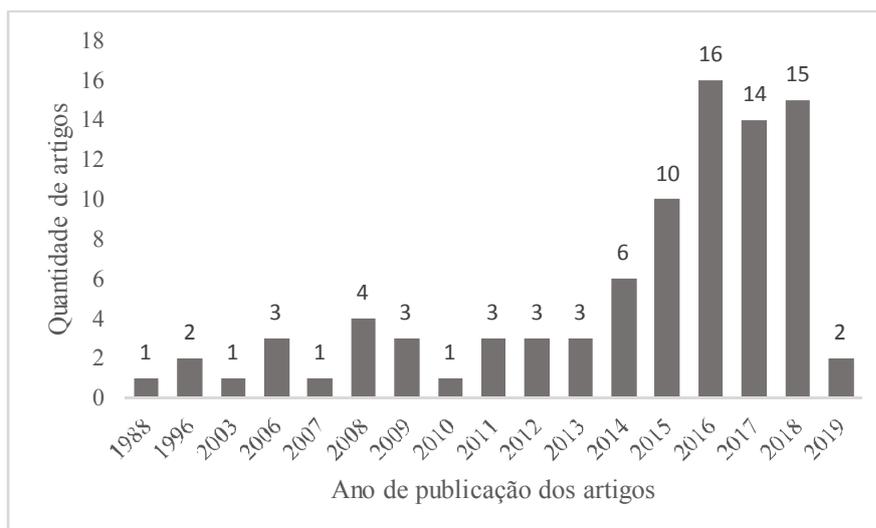


Figura 3.4. Ano de publicação dos artigos consultados. Fonte: autora (2019).

Como pode ser evidenciado na Figura 3.3, a base acadêmica mais consultada foi a Periódicos CAPES, uma vez que diversos artigos relacionados ao tema Indústria 4.0 foram encontrados e possibilitaram fundamentar o embasamento teórico. Em relação aos anos de publicação dos artigos, é possível notar predominância de artigos de 2014 para frente, fato justificado pelo tema relativamente novo. Durante as análises e busca não foram encontradas pesquisas semelhantes ao objetivo proposto nesta dissertação.

b) Estruturação do questionário:

Para que a *survey* junto aos acadêmicos que conhecem o segmento industrial brasileiro e os princípios da Indústria 4.0 pudesse ser desenvolvida, fez-se necessária a estruturação de um instrumento de pesquisa. Tal instrumento, o questionário, foi desenvolvido a partir dos 12 impactos levantados na literatura e apresentados no Quadro 2.1. Cada impacto foi considerado como uma variável, sendo as nomenclaturas das mesmas apresentadas no Quadro 3.2.

Quadro 3.2. Nomenclatura utilizada para representar os impactos como variáveis.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

I_1	Impacto 1: com a Indústria 4.0 será possível atuar de forma descentralizada na produção de itens; como consequência, haverá redução no fluxo de atividades logísticas e isso permitirá menor impacto ambiental, visto que as atividades de transporte serão reduzidas e exigirão menor consumo de energia e/ou combustível.
I_2	Impacto 2: com a Indústria 4.0 será possível a utilização mais precisa dos recursos energéticos nos equipamentos e das matérias primas devido ao aumento de eficiência dos processos e do aprendizado de máquina; como consequência, haverá menor impacto ambiental proporcionado pelo processo produtivo.
I_3	Impacto 3: de forma adicional ao item anteriormente citado, os conceitos da indústria 4.0 também possibilitarão compreender melhor as reais necessidades dos clientes, sendo possível assim produzir pequenos lotes voltados a determinadas demandas e produtos customizados, o que também possibilitará menor impacto ambiental do processo produtivo.
I_4	Impacto 4: a customização em massa, por sua vez, aumentará o consumo de produtos e serviços, visto que os mesmos serão mais "atraentes" aos olhos dos consumidores, gerando assim maior quantidade de resíduos no pós-uso.
I_5	Impacto 5: os conceitos da Indústria 4.0 tornarão os processos fabris mais autônomos e eficientes, exigindo assim menor uso da força de trabalho humano em várias tarefas manuais e repetitivas quando comparado aos processos industriais atuais; tal mudança proporcionará um menor número de empregos e afetará boa parte dos trabalhadores que não conseguirão se qualificar no mesmo ritmo das modernizações.
I_6	Impacto 6: se por um lado a indústria 4.0 reduzirá a oferta de empregos para atividades manuais e mais repetitivas, por outro proporcionará o surgimento de novas profissões de alto valor agregado do ponto de vista do conhecimento e exigirá que a força de trabalho se qualifique do ponto de vista técnico e educacional, contribuindo assim para o desenvolvimento das pessoas.
I_7	Impacto 7: com maior poder de automação e maior capacidade de decisão, robôs poderão substituir seres humanos em tarefas consideradas perigosas e, como consequência, haverá a redução do número de acidentes de trabalho quando comparado aos processos atuais. O ambiente de trabalho também se tornará mais agradável e proporcionará melhor qualidade de vida ao funcionário.
I_8	Impacto 8: a adoção dos conceitos da indústria 4.0 proporcionará maiores oportunidades no mercado de trabalho para pessoas que tenham algum tipo de necessidade especial, visto que muitos processos funcionarão por meio do reconhecimento de voz e realidade virtual; permitirá assim maior participação das mesmas no ambiente industrial.
I_9	Impacto 9: para muitos autores, a indústria 4.0 exigirá das profissionais habilidades intelectuais e cognitivas, além de multidisciplinaridade e capacidade de atuação em equipe. Tais características permitirão o aumento do número de mulheres nas organizações visto que as mesmas no geral se destacam nas características supracitadas.
I_10	Impacto 10: a grande quantidade de sensores nos produtos e nos equipamentos produtivos permitirá identificar situações danosas ao ser humanos, contribuindo assim para ganhos do ponto de vista da ergonomia física e cognitiva.
I_11	Impacto 11: as etapas de cadeia de valor serão incorporadas desde o desenvolvimento até a pós-venda e com isso passará a ser mais colaborativa desde o fornecimento da matéria prima até o cliente final; isso permitirá uma melhor análise dos impactos ambientais, sociais e econômicos que um produto proporciona.
I_12	Impacto 12: com o advento da indústria 4.0 surgirão oportunidades para modelos de negócios inovadores e isso favorecerá o surgimento de startups companies e pequenas empresas, permitindo assim maior participação de profissionais no mercado de trabalho.

Para cada um dos impactos mencionados no Quadro 3.2, o participante da pesquisa deveria indicar, segundo sua percepção, uma nota entre 0 e 10. A fim de guiar os participantes na correta alocação de suas notas, foram definidas faixas explicativas como mostra o Quadro 3.3. A existência de duas notas em algumas faixas possibilita ao participante um ajuste fino de sua atribuição. Vale ressaltar que foi solicitado aos participantes a análise dos possíveis impactos, vislumbrando compreender como serão os aspectos que englobam as mudanças proporcionadas pela quarta revolução industrial na realidade do país em um horizonte de dez anos. Para esta pesquisa, o horizonte de dez anos foi determinado segundo perspectivas do *World Economic Forum* (Fórum Econômico Mundial), que evidencia que a cada década o planejamento dos países passam a criar mudanças que elevam os fatores estruturais e os fatores

econômicos, englobando aspectos de crescimento da produtividade, empregabilidade e novos investimentos. Além disso, nas últimas décadas com as novas perspectivas das mudanças tecnológicas e a quarta revolução industrial, o Fórum Econômico Mundial passou a avaliar quais os ganhos poderão ser proporcionados com o passar dos anos, e de certa forma busca criar planos de ação para garantir que a sustentabilidade ocorra as gerações futuras.

Quadro 3.3. Faixas para atribuição de notas apresentadas no questionário.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Nota 0	Acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 não será observado.
Nota 1 ou 2	Acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma muito pontual apenas em alguns setores específicos de maior tecnologia.
Nota 3 ou 4	Acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma pequena, mas pulverizado na maioria dos setores.
Nota 5 ou 6	Acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma mediana e pulverizado na maioria dos setores.
Nota 7 ou 8	Acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma intensa na maioria dos setores.
Nota 9 ou 10	Acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma intensa na maioria dos setores e muitos estudos acadêmicos e empresariais estarão sendo desenvolvidos sobre o mesmo.

Toda pesquisa no Brasil envolvendo seres humanos, mesmo em caráter de opinião, exige a apreciação de um Comitê de Ética em Pesquisas e assim foi feito. Todo o projeto de pesquisa bem como o instrumento utilizado para a coleta de dados (questionário) foi submetido ao CEP Unicamp e aprovado sob o número CAAE 18743019.7.0000.5404. Atendeu-se assim à Resolução 466/2012 do Ministério da Saúde. O principal foco do CEP é regulamentar a proteção aos envolvidos nas pesquisas e garantir respeito e ordem na coleta de dados.

c) Coleta de dados:

Com o questionário desenvolvido e o projeto aprovado pelo CEP-Unicamp, foi possível iniciar a coleta de dados. A autora desta dissertação optou por utilizar a plataforma *Google Forms* uma vez que a mesma possibilita facilidades na gestão de dados. O *link* do questionário foi enviado aos participantes por meio do endereço eletrônico. Ao longo de 2 meses, foram enviados convites para 305 acadêmicos que de alguma forma estavam

relacionados ao tema. A lista contendo os possíveis nomes e e-mails dos participantes foi estruturada a partir de informações disponibilizadas em bases científicas e/ou anais de congressos e, posteriormente, as buscas foram realizadas na plataforma Lattes. Do total, 41 acadêmicos aceitaram participar da pesquisa gerando assim 41 questionários válidos para análise, o que representou uma taxa de retorno de 13,44%. Todos os dados válidos foram analisados e tabulados em planilhas eletrônicas, para posterior análise.

d) Análise dos dados coletados:

Com o intuito de conhecer melhor como os respondentes se agrupam em termos de similaridade, a autora dessa dissertação realizou inicialmente uma Análise hierárquica de *Cluster*. Para tal, contando com o apoio de outros pesquisadores e valendo-se de informações disponibilizadas em bases acadêmicas, foram realizadas análises associadas à formação, nível de experiência, pesquisas desenvolvidas e formação de recursos humanos em nível de mestrado e doutorado. Para cada uma das categorias supracitadas, foram aferidas notas 1, 2 ou 3, conforme apresentado no Quadro 3.4.

Quadro 3.4. Notas para cada categoria analisada. Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Formação	Experiência	Pesquisas	Formação de Recursos Humanos
1= Especialização	1 = Até 10 anos	1 = Pesquisa associada ao setor brasileiro.	1= Sem formação
2 = Mestrado	2 = Entre 11 à 20 anos	2 = Pesquisa associada ao setor brasileiro, relacionando aspectos da indústria 4.0.	2= Nível de Mestrado
3= Doutorado	3= Acima de 21 anos	3 = Pesquisa associada aos aspectos da indústria 4.0 e sustentabilidade.	3= Nível de Doutorado

e) Análise hierárquica de *Cluster*:

A análise hierárquica de *Cluster* permite verificar um conjunto de relações entre variáveis, de modo que as relações sejam analisadas de acordo com a interdependência da amostra. Para Malhotra (2012), o principal foco do método é classificar as variáveis em grupos semelhantes. Ainda assim, segundo o autor, os agrupamentos formados devem ter semelhanças, mas ao mesmo tempo possuem pequenas divergências quando comparadas aos demais grupos. Tal análise pode ser considerada classificatória ou numérica, visto que é uma técnica heurística,

não sendo necessário utilizar a estatística de forma rigorosa quando comparada a outras técnicas. Em pesquisas exploratórias a técnica é amplamente utilizada.

Para uma análise hierárquica de Cluster, os conjuntos formados podem ser observados em grupos, ou seja, são formados de acordo com a proximidade ou similaridade, sendo necessário utilizar medidas de distância euclidianas. Para Malhotra (2012), os seis seguintes passos devem ser seguidos: (1) Formulação do problema de pesquisa; (2) determinar a medida de distância; (3) escolher qual procedimento de aglomeração será empregado; (4) verificar quanto será o número de conjuntos; (5) interpretar os conjuntos e, finalmente (6) avaliar os conjuntos formados. De acordo com a literatura apresentada por Malhotra (2012), a autora dessa dissertação seguiu os seis passos sugeridos pelo autor, sendo realizados conforme Quadro 3.5.

Quadro 3.5. Análise hierárquica de *Cluster* utilizada na pesquisa.

Fonte: Autora com base em Malhotra (2012).

1	No caso específico da análise realizada, as variáveis correspondem a cada um dos 41 respondentes analisados, pois almeja-se entender como eles se agrupam em termos de experiência, formação, etc.
2	Determinação das medidas de distância euclidiana
3	Determinar os conjuntos hierárquicos, formulando uma hierarquia em forma de dendograma
4	Verificar a análise gráfica, afim de entender quantos conjuntos podem ser necessários para a amostra
5	Interpretar e classificar o dendograma
6	Validar a amostra e o dendograma formulado

Optou pela utilização do método *Ward* para análise dos agrupamentos. Neste método procura-se realizar agrupamentos de acordo com o menor aumento da variância entre os grupos. Assim, é possível verificar a variância ao calcular as médias das variáveis de cada grupo (MALHOTRA, 2012).

Para a análise dos conglomerados formados, não há regra fixa a ser seguida. Para esta pesquisa em especial, os grupos foram sendo analisados de forma que permitiam sua melhor segregação. Segundo Malhotra (2012), o pesquisador pode determinar qual o número mais adequado para a determinação dos grupos.

A análise gráfica dos resultados é realizada pelo dendograma. Conforme afirma Lattin, James, Carrol e Green (2011), o dendograma permite analisar os grupos conforme sua hierarquia, que ocorre através da análise dos mesmos. Ainda assim, para os autores a representação gráfica pode ser considerada subjetiva, exigindo o bom senso do pesquisador.

Para (MALHOTRA, 2012), existem duas formas de representar um dendograma, a horizontal e a vertical, sendo que ambas possuem o mesmo objetivo. Para esta dissertação o dendograma está representado na horizontal, onde o eixo y representa os grupos por ordem de semelhança, e o eixo x representa as distancias entre os grupos. O resultado do dendograma será apresentado na Figura 4.1 no Capítulo 4 desta pesquisa.

Torna-se importante apresentar as considerações assumidas para realizar a análise de *Cluster* no SPSS 24: Classificação, Cluster hierárquico, dendograma, método de clusterização, *Wards*, distancia euclidiana, padronização *Z score* e análise de *cluster* por casos. Além disso, a autora considerou como ponto de corte para definição dos grupos a distância combinada igual a 10.

Como será apresentado no Capítulo 4, foram identificados 3 grupos de respondentes e os mesmos foram ponderados de acordo com sua maior capacidade de inferir acerca dos impactos que serão proporcionados pela Indústria 4.0 na sustentabilidade nas empresas brasileiras. Tal capacidade foi definida pela formação acadêmica, experiência profissional, recursos humanos e pela temática de pesquisa. Em análise junto a outros pesquisadores optou-se pela seguinte ponderação, conforme o Quadro 3.6.

Quadro 3.6. Grupos de respondentes e as respectivas ponderações.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
20%	30%	50%

Uma vez definido os grupos de respondentes, realizou-se uma análise descritiva das informações. Posteriormente, valendo-se dos agrupamentos identificados a autora dessa dissertação realizou uma análise comparativa dos impactos via técnica TOPSIS.

A técnica TOPSIS foi criada por Ching-Lai Hwang e Kwangsun Yoon no ano de 1981 e vem sendo muito utilizada na academia (YOON e KIM, 2017). A mesma se destaca por ser simples e permitir a comparação de alternativas. Um fato importante é que tal técnica permite ponderar diferentes critérios de acordo com sua importância. A lógica de análise aqui utilizada foi a mesma utilizada por Singh et al. (2016) em seu artigo.

A aplicação da técnica TOPSIS exige 6 passos, todos eles apresentados por (SINGH et al., 2016). Na primeira etapa é estruturada a matriz D que possui elementos (x_{ij}) , sendo que (i) representa cada um dos itens e (j) cada um dos critérios de análise. No caso desta pesquisa

os itens são representados pelas variáveis e os critérios pela média aferida por cada grupo de respondentes. A visualização matemática da matriz D é apresentada pela Matriz 1.

Para uma definição dos critérios, a matriz D possui como correspondente as alternativas x_{11} [...] que se classificam com as alternativas avaliadas na Equação 1.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Matriz 1}$$

A segunda etapa, segundo Singh et al. (2016), consiste em normalizar a Matriz 1 valendo-se da Equação 1, dessa forma obtém-se uma nova matriz denominada de R como apresentado a seguir (Matriz 2).

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

Na equação 1, r_{ij} é composto pelos pesos de cada critério definido na Matriz D, de modo que se adequa de acordo com os critérios de decisão.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Matriz 2}$$

O terceiro passo é caracterizado pela ponderação dos valores da matriz R pelos pesos atribuídos aos grupos de respondentes. Para tal, utiliza-se a Equação 2 e os pesos apresentados na Tabela 3.1, obtendo-se a matriz V (Matriz 3).

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (\text{Eq. 2})$$

A Equação 2 é composta e baseada pela normalização dos pesos. Além disso cada critério corresponde aos critérios $w_j r_{ij}$, resultando na Matriz 3.

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Matriz 3}$$

Com as ponderações estabelecidas, a quarta etapa se caracteriza pela definição da solução ideal positiva (v_j^+) seguida pela quinta etapa que é o estabelecimento da solução ideal negativa (v_j^-). A solução ideal positiva é composta pelos valores máximos de cada uma das colunas da matriz V; por sua vez, a solução ideal negativa é constituída pelos valores mínimos de cada uma das colunas da mesma matriz.

Os critérios definidos na solução ideal positiva classificam os melhores valores segundo o critério avaliado, e para a solução ideal negativa corresponde aos piores valores classificados na maximização da Matriz.

Uma vez identificadas as soluções ideias positiva e negativa, parte-se para o cálculo das distâncias euclidianas, sendo as mesmas obtidas por meio das Equações 3 e 4.

$$s_i^* = \left[\sum_j (v_{ij}^* - v_j^+)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$s_i' = \left[\sum_j (v_{ij}' - v_j^-)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Eq. 4})$$

Com as distancias euclidianas calculadas, a sexta etapa se caracteriza pelo cálculo do indicador C_i^* , como evidenciado na Equação 5. O valor do referido indicador varia de 0 a 1, sendo tal valor utilizado para a análise comparativa dos itens estudados (SINGH *et al.*, 2016).

Para a Equação 5 os valores correspondem ao maior valor e conseqüentemente aos valores decrescentes da ordenação, demonstrando que os valores c_i^* correspondem a melhor alternativa do método TOPSIS.

$$c_i^* = \frac{s_i'}{(s_i^* + s_i')} \quad (\text{Eq. 5})$$

Com base nos resultados obtidos, foi possível realizar as análises e estabelecer as conclusões acerca do estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo apresenta os resultados e discussões associadas. Visando melhor compreender como os respondentes se assemelham entre si, realizou-se uma Análise Hierárquica de Cluster e, na sequência, apresentou-se informações referentes a cada um dos grupos identificados. Posteriormente, visando realizar uma análise comparativa entre os impactos estudados, foi utilizada a técnica TOPSIS. Ao final do capítulo, debates foram realizados à luz da literatura.

4.1 Similaridade dos Respondentes via Análise de Cluster

Valendo-se de informações disponibilizadas de forma pública pelos respondentes, foi estruturado o Quadro 4.1, como apresentado a seguir. É importante ressaltar que a análise para a construção do referido Quadro foi realizada via informações disponibilizadas na plataforma *Lattes* e em outras bases acadêmicas.

Quadro 4.1 Notas atribuídas aos respondentes.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Respondentes	Formação	Experiência	Pesquisa	Formação de R.H	Respondentes	Formação	Experiência	Pesquisa	Formação de R.H
R1	2	1	3	1	R22	3	3	3	2
R2	2	1	3	1	R23	2	1	2	1
R3	2	3	2	1	R24	2	2	2	1
R4	2	1	2	1	R25	2	1	2	1
R5	2	3	3	1	R26	2	3	1	1
R6	2	3	2	1	R27	3	2	2	3
R7	2	1	2	1	R28	2	1	3	1
R8	3	3	2	2	R29	3	3	3	3
R9	3	2	3	1	R30	2	3	3	1
R10	3	2	2	2	R31	3	3	2	3
R11	2	1	3	1	R32	3	2	3	2
R12	3	2	3	1	R33	3	1	2	3
R13	2	2	1	1	R34	3	1	2	2
R14	3	3	2	2	R35	2	1	2	1
R15	3	3	3	3	R36	2	2	3	1
R16	2	2	2	1	R37	2	2	2	1
R17	2	3	3	1	R38	3	2	2	1
R18	2	3	3	1	R39	3	1	2	1
R19	3	3	2	1	R40	2	2	2	2
R20	3	3	2	3	R41	2	1	2	1
R21	2	1	3	1					

Para avaliar a similaridade entre os respondentes, foi empregada a técnica de análise *Cluster*. É importante ressaltar que com o crescimento dos conglomerados, os grupos tornam-

se cada vez maiores e passam a possuir fatores que tornam mais difícil a distinção dos elementos. É importante ressaltar que para a análise e formação dos conglomerados, todos os fatores estabelecidos no Quadro 4.1 não foram ponderados de forma distinta no *Software*, afim de que os resultados dos grupos não fossem estabelecidos de acordo com peso de formação, recursos humanos, experiência e área de pesquisa, e sim de acordo com a similaridade entre os colaboradores. A Figura 4.1 apresenta o dendograma obtido por meio da análise de cluster e os grupos formados.

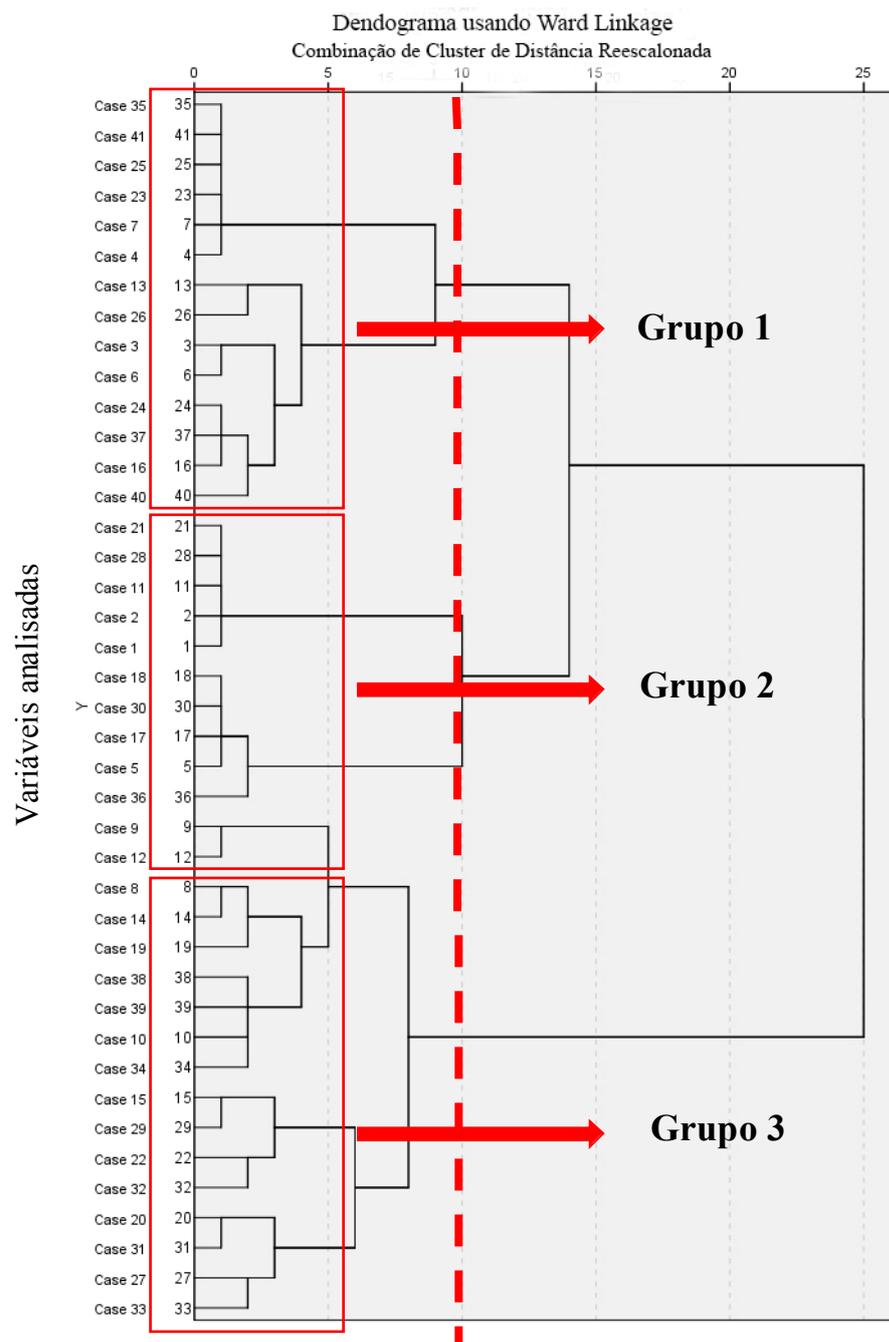


Figura 4.1. Dendograma de similaridade – Título traduzido do *Software*. Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Na Figura 4.1 é possível visualizar uma linha de corte que estabelece a distância euclidiana utilizada na análise (definida como 10). A partir da análise do dendograma, a autora dessa dissertação identificou 3 grupos que foram ponderados conforme o Quadro 3.6. As ponderações estão relacionadas à maior capacidade dos respondentes em aferirem sobre aquilo que foi perguntado. Outras informações sobre os grupos são apresentadas no texto a seguir.

O conglomerado para o qual foi aferido maior peso às respostas corresponde ao grupo 3. Nele, existem tantos respondentes que realizam pesquisas somente sobre indústria 4.0 quanto aqueles que pesquisam o tema citado e aspectos da sustentabilidade. Ao total 94% são doutores e grande parte dos respondentes atuam na formação de recursos humanos para a academia, em nível mestrado e/ou doutorado. O peso aferido foi de 50%.

Na sequência, foi aferido 20% de peso para o Grupo 1, visto que os respondentes na sua maioria são mestres (93%), possuem um nível heterogêneo na questão de experiência e desenvolvem pesquisas somente em questões relacionadas as tecnologias da indústria 4.0 no contexto da indústria brasileira. No geral, o grupo apresenta pouquíssima contribuição à formação de recursos humanos para a academia (13%).

Por fim, ao analisar a composição do Grupo 2, verifica-se que 90% são mestres, e que 50% possuem grau de experiência acima de 21 anos, o que permite afirmar que tais respondentes possuem conhecimento acerca do tema analisado. Todos apresentam relação em estudos voltados para as tecnologias da indústria 4.0 e em aspectos de sustentabilidade. A formação de recursos humanos para a academia também se apresenta com pouca contribuição (10%). Para o Grupo 2, foi ponderado o peso de 30%.

4.2 Análises das Médias Aferidas pelos Grupos de Respondentes Identificados

Inicialmente, foram analisadas as médias atribuídas a cada um dos impactos pelos grupos respondentes.

Para o Grupo 1 aproximadamente 75% das médias foram acima de 7,0, possibilitando afirmar que os impactos mencionados poderão ser observados de forma intensa e na maioria dos setores. Os impactos em destaque levam a crer que será possível criar novos modelos de negócios e assim obter maior oportunidade para a criação de novas profissões que estão relacionadas à tecnologia, conseqüentemente possibilitará a inserção de processos fabris cada vez mais eficientes com o apoio de robôs colaborativos e de um alto nível de customização

em massa, atendendo a real necessidade dos clientes. Ressalta-se que para esse grupo, a ponderação atribuída foi de 20%, conforme quadro 3.6.

Adicionalmente, a mesma análise ocorreu para o Grupo 2, e que apresentou similaridade em relação ao grupo 1. Para 83% das médias atribuídas, os impactos mencionados decorrentes da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 serão observados de forma intensa e na maioria dos setores. Para os especialistas os recursos energéticos serão utilizados de forma precisa e eficiente, aumentando a capacidade produtiva e incorporando as etapas de cadeia de valor desde a obtenção da matéria prima até a entrega ao cliente final. O impacto com maior destaque para o grupo está diretamente ligado a oferta de emprego e que de certa forma será gravemente afetado, mas ao mesmo tempo permitirá que o colaborador se qualifique para o mercado. Também, acredita-se que os sensores e tecnologias possibilitarão identificar as situações danosas aos colaboradores e conseqüentemente haverá redução de acidentes de trabalho, proporcionando melhor qualidade de vida ao colaborador.

Por fim, para o Grupo 3, 66% das médias são acima de 7,0 e permitem acreditar que os impactos mencionados decorrentes da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 serão observados de forma assídua na maioria dos setores. Ressalta-se que os impactos com maior destaque estão ligados diretamente a produção e o entendimento da real necessidade do cliente, permitindo ter linhas de produtos descentralizadas, fluxo logístico com menor impacto ambiental, necessidade de profissionais com maior capacidade cognitivas, sensores auxiliando nos processos e modelos inovadores de negócios. No entanto para o grupo, acredita-se que a quarta revolução industrial permitirá a redução da oferta de empregos para tarefas manuais, mas ao mesmo tempo permitirá o surgimento de profissões de alto valor agregado. É importante ressaltar, que o grupo 3 foi classificado com 50% de ponderação, apresentando maior autonomia nas classificações estabelecidas nesta pesquisa.

Ainda após as análises das médias, é importante ressaltar que os impactos observados de acordo com os grupos estão enquadrados em uma linha do tempo de 10 anos, e que para a amostra analisada afirma-se que os mesmos poderão ser observados na maioria dos setores e que de certa forma precisará de adequações de acordo com a necessidade da organização, afim de aumentar as possíveis ações e melhorias em benefício ao meio ambiente.

4.3 Análise Comparativa dos impactos via TOPSIS

Para melhor compreender os dados a autora dessa dissertação realizou a ordenação dos impactos estudados via técnica TOPSIS. Tendo-se as médias das notas para cada grupo de respondentes, foi possível estruturar a Matriz D e padronizá-la por meio da Equação 1 obtendo-se a matriz R apresentada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Matriz R com valores padronizados.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Itens	rij (Grupo 1)	rij (Grupo 2)	rij (Grupo 3)
I_1	0,21	0,21	0,26
I_2	0,27	0,29	0,26
I_3	0,30	0,26	0,30
I_4	0,24	0,24	0,22
I_5	0,32	0,33	0,29
I_6	0,31	0,35	0,34
I_7	0,31	0,28	0,32
I_8	0,25	0,29	0,27
I_9	0,28	0,26	0,26
I_10	0,30	0,27	0,31
I_11	0,31	0,30	0,30
I_12	0,33	0,35	0,31

A partir da Matriz R foi obtida a Matriz V, valendo-se da Equação 2 e dos pesos atribuídos a cada um dos grupos de respondentes. A Matriz V obtida é apresentada na Tabela 4.2.

Tabela 4.3. Matriz V com valores padronizados.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Itens	rij (Grupo 1)*0,20	rij (Grupo 2)*0,30	rij (Grupo 3)*0,50
I_1	0,04	0,06	0,13
I_2	0,05	0,09	0,13
I_3	0,06	0,08	0,15
I_4	0,05	0,07	0,11
I_5	0,06	0,10	0,15
I_6	0,06	0,10	0,17
I_7	0,06	0,09	0,16
I_8	0,05	0,09	0,13
I_9	0,06	0,08	0,13
I_10	0,06	0,08	0,15
I_11	0,06	0,09	0,15
I_12	0,07	0,10	0,16

A etapa subsequente foi composta pela definição da solução ideal positiva e solução ideal negativa, como mostra a Tabela 4.3. Por meio das equações 4 e 5, os valores apresentados nas Tabelas 4.2 e 4.3 foram utilizados para se calcular as distâncias euclidianas de cada resposta em relação às soluções ideais supracitadas. Os valores obtidos, designados por S_i^+ e S_i^- , são apresentados na Tabela 4.4. Valendo-se dos valores de S_i^+ e S_i^- e da equação 5, foi possível obter o coeficiente C_i^* também apresentado na Tabela 4.4.

Tabela 4.3. Solução ideal positiva e solução ideal negativa.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Critério de solução	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Solução ideal positiva (v_j^+)	0,07	0,10	0,17
Solução ideal negativa (v_j^-)	0,04	0,06	0,11

Tabela 4.4. Distâncias da solução ideal positiva, distância da solução ideal negativa e coeficiente C_i^* . Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Itens	Distâncias de (S_i^+)	Distâncias de (S_i^-)	Coefficiente (C_i^*)
I_1	0,06	0,02	0,24
I_2	0,04	0,03	0,42
I_3	0,04	0,04	0,54
I_4	0,07	0,01	0,12
I_5	0,02	0,05	0,69
I_6	0,00	0,07	0,95
I_7	0,02	0,06	0,72
I_8	0,04	0,03	0,45
I_9	0,05	0,03	0,36
I_10	0,03	0,05	0,63
I_11	0,03	0,05	0,65
I_12	0,01	0,07	0,83

Por fim, os impactos analisados foram classificados segundo os valores obtidos para o coeficiente C_i^* , conforme apresentado no Quadro 4.1.

Quadro 4.1. Classificação dos itens correspondentes.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Posição	(Ci*)	Variável	Itens
1º	0,95	I_6	Impacto 6: se por um lado a indústria 4.0 reduzirá a oferta de empregos para atividades manuais e mais repetitivas, por outro proporcionará o surgimento de novas profissões de alto valor agregado do ponto de vista do conhecimento e exigirá que a força de trabalho se qualifique do ponto de vista técnico e educacional, contribuindo assim para o desenvolvimento das pessoas.
2º	0,83	I_12	Impacto 12: com o advento da indústria 4.0 surgirão oportunidades para modelos de negócios inovadores e isso favorecerá o surgimento de startups companies e pequenas empresas, permitindo assim maior participação de profissionais no mercado de trabalho.
3º	0,72	I_7	Impacto 7: com maior poder de automação e maior capacidade de decisão, robôs poderão substituir seres humanos em tarefas consideradas perigosas e, como consequência, haverá a redução do número de acidentes de trabalho quando comparado aos processos atuais. O ambiente de trabalho também se tornará mais agradável e proporcionará melhor qualidade de vida ao funcionário.
4º	0,69	I_5	Impacto 5: os conceitos das Indústria 4.0 tornarão os processos fabris mais autônomos e eficientes, exigindo assim menor uso da força de trabalho humano em várias tarefas manuais e repetitivas quando comparado aos processos industriais atuais; tal mudança proporcionará um menor número de empregos e afetará boa parte dos trabalhadores que não conseguirão se qualificar no mesmo ritmo das modernizações.
5º	0,65	I_11	Impacto 11: as etapas de cadeia de valor serão incorporadas desde o desenvolvimento até a pós venda e com isso passará a ser mais colaborativa desde o fornecimento da matéria prima até o cliente final; isso permitirá uma melhor análise dos impactos ambientais, sociais e econômicos que um produto proporciona.
6º	0,63	I_10	Impacto 10: a grande quantidade de sensores nos produtos e nos equipamentos produtivos permitirá identificar situações danosas ao ser humano, contribuindo assim para ganhos do ponto de vista da ergonomia física e cognitiva.
7º	0,54	I_3	Impacto 3: de forma adicional ao item anteriormente citado, os conceitos da indústria 4.0 também possibilitarão compreender melhor as reais necessidades dos clientes, sendo possível assim produzir pequenos lotes voltados a determinadas demandas e produtos customizados, o que também possibilitará menor impacto ambiental do processo produtivo.
8º	0,45	I_8	Impacto 8: a adoção dos conceitos da indústria 4.0 proporcionará maiores oportunidade no mercado de trabalho para pessoas que tenham algum tipo de necessidade especial, visto que muitos processos funcionarão por meio do reconhecimento de voz e realidade virtual; permitirá assim maior participação das mesmas no ambiente industrial.
9º	0,42	I_2	Impacto 2: com a Indústria 4.0 será possível a utilização mais precisa dos recursos energéticos nos equipamentos e das matérias primas devido ao aumento de eficiência dos processos e do aprendizado de máquina; como consequência, haverá menor impacto ambiental proporcionado pelo processo produtivo.
10º	0,36	I_9	Impacto 9: para muitos autores, a indústria 4.0 exigirá das profissionais habilidades intelectuais e cognitivas, além de multidisciplinaridade e capacidade de atuação em equipe. Tais características permitirão o aumento do número de mulheres nas organizações visto que as mesmas no geral se destacam nas características supracitadas.
11º	0,24	I_1	Impacto 1: com a Indústria 4.0 será possível atuar de forma descentralizada na produção de itens; como consequência, haverá redução no fluxo de atividades logísticas e isso permitirá menor impacto ambiental, visto que as atividades de transporte serão reduzidas e exigirão menor consumo de energia e/ou combustível.
12º	0,12	I_4	Impacto 4: a customização em massa, por sua vez, aumentará o consumo de produtos e serviços, visto que os mesmos serão mais "atraentes" aos olhos dos consumidores, gerando assim maior quantidade de resíduos no pós-uso.

4.4 Análise dos Principais Impactos através da Análise Comparativa via TOPSIS

Com os resultados obtidos através da ordenação via TOPSIS, foi possível destacar os seis primeiros impactos e debater-los a luz da literatura.

O primeiro impacto melhor colocado se relaciona com a questão da empregabilidade (I_6). Para Hermann, Pentek e Otto (2016) com a Indústria 4.0 será possível

umentar as habilidades e usufruir de um colaborador multidisciplinar. A mesma questão implica na redução de oferta de empregos, visto que os colaboradores deverão de qualificar no mesmo avanço das tecnologias (KAGERMANN *et al.*, 2016), para que conseqüentemente ocorra o desenvolvimento profissional (SCHWAB e MACKENZIE, 2016).

Adicionalmente, o segundo colocado na hierarquização (I_12), refere-se aos novos modelos de negócios que poderão surgir com o uso de tecnologias da quarta revolução industrial (STOCK e SELIGER, 2016) e positivamente atrelado a isso, haverá o surgimento de novas organizações e a criação de novas vagas (SCHWAB e MACKENZIE, 2016), diminuindo a taxa de desemprego e aumentando a multidisciplinaridade e desenvolvimento social local (KAGERMANN *et al.*, 2016; BUHR, 2015).

O terceiro impacto destacado via TOPSIS (I_7), visa os aspectos de automação industrial e tecnologias da quarta revolução. Para os autores Yin e Qin (2019), com o uso programado de máquinas os acidentes de trabalho serão reduzidos sendo possível alcançar maior eficiência nos processos, redução dos custos e o amadurecimento operacional dos colaboradores (KUZNAZ, PFOHL e YAHSI, 2015). Há também a questão de desenvolver o ambiente organizacional, promovendo a maior capacidade de decisão e a gestão dos dados para que se usufrua de uma estrutura de comandos totalmente eficiente (ROBLEK, MEŠKO e KRAPEŽ, 2016). Ainda assim, outro ponto positivo é de minimizar as tarefas manuais e repetitivas, pois, passarão a ser de responsabilidade dos robôs, facilitando o dia a dia organizacional e promovendo um ambiente produtivo com maior interação entre a gerencia e seus colaboradores (OESTERREICH e TEUTEBERG, 2016).

O quarto colocado (I_5), está associado as questões sociais e que englobam a empregabilidade e a necessidade de aperfeiçoar as habilidades cognitivas para o uso de tecnologias. Para os autores Schwab e Mackenzie (2016), esses serão um dos maiores desafios a serem superados na quarta revolução industrial, pois envolvem um lado muito crítico e delicado desse novo modelo de gestão: “o desemprego tecnológico” e o desaparecimento de postos de trabalhos atuais que com o uso das tecnologias ficarão obsoletos. Para Buhr (2015), será necessário a qualificação para divergentes áreas afim de diminuir a desigualdade social.

Outro ponto observado, é que para Aires (2018), com o número de emprego reduzido e o maior uso das tecnologias nos processos, a indústria brasileira terá um maior controle e flexibilidade no atendimento da demanda, facilitando a gestão da qualidade e diminuindo os riscos ao colaborador, conseqüentemente minimizando os impactos relacionados a sustentabilidade em um horizonte de dez anos. Entende-se que a luz da literatura brasileira, o

impacto descrito proporcionará aspectos de desenvolvimento positivo para as organizações do país.

O quinto impacto destacado na ordenação está relacionado as etapas de cadeia de valor (I_11). Segundo a pesquisa realizada por Oliveira e Simões (2017), na realidade brasileira a Indústria 4.0 proporcionará uma boa gestão no que tange aos custos, prevenção de perdas e do controle de estoque com dados duvidosos. Ainda assim, a cadeia de valor permitirá uma maior integração entre os departamentos das organizações, atingindo o pilar que descreve a questão econômica da sustentabilidade empresarial (GERLITZ, 2015).

Ainda no mesmo conceito, Kagermann *et al.* (2016), detalha que com a nova era tecnológica será possível acompanhar toda a cadeia e conseqüentemente ocorrerá a economia de insumos e de energia, impactando diretamente no pilar ambiental do tripé da sustentabilidade (HERMANN, PENTEK e OTTO, 2016). Vale afirmar, que para o setor brasileiro, a indústria 4.0 contribuirá positivamente na utilização dos recursos e dos fluxos de trabalho, reduzindo os impactos ambientais e sociais (OLIVEIRA e SIMÕES, 2017).

Por fim, o último impacto destacado na ordenação via TOPSIS (I_10) o ponto ressaltado está na otimização de processo e no bem-estar do colaborador. Para Kagermann *et al.* (2016), o uso de sensores contribuirá para reduzir os danos aos funcionários e também contribuir na melhoria da ergonomia dos processos, promovendo a segurança, saúde física e psíquica aos envolvidos (ROBLEK, MEŠKO e KRAPEŽ, 2016). Ainda, segundo Bauer *et al.* (2015), com o maior controle da produção e investimento em tecnologias será possível monitorar a produção em tempo real e alterar a gestão conforme a necessidade da demanda. Ressalta-se ainda que tais aspectos não foram observados na literatura brasileira, mas na percepção da amostra analisada esse será um dos impactos que poderão ser observados em um horizonte de dez anos no país.

Contudo, é importante afirmar que dentro do contexto *Triple Botton Line*, os seis primeiros impactos ordenados via TOPSIS estão relacionados somente aos pilares sociais e econômicos. Ainda assim, ressalta-se que a presente pesquisa é de caráter exploratório e que teve como objetivo principal aprofundar-se em um tema pouco discutido pela academia brasileira.

5 CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como principal objetivo analisar os possíveis impactos à sustentabilidade das empresas brasileiras em um horizonte de dez anos, decorrente da adoção dos princípios da Indústria 4.0. A pesquisa teve como base a opinião de acadêmicos brasileiros que possuem experiência em diferentes níveis com as temáticas. Ressalta-se o caráter exploratório do estudo.

Inicialmente, por meio de uma revisão da literatura, foi possível identificar doze possíveis impactos e os mesmos foram utilizados para a construção de um questionário utilizado em um survey. Participaram da pesquisa 41 acadêmicos e os dados levantados foram tratados via Análise Hierárquica de Cluster e TOPSIS. Com a ordenação via TOPSIS foi possível evidenciar os seis principais impactos decorrentes da adoção dos princípios da indústria 4.0 à sustentabilidade das empresas brasileiras, a saber: redução de oferta de emprego para atividades manuais e repetitivas e o ao mesmo tempo o surgimento de novas profissões com alto valor agregado (I_6); novos modelos de negócios e ideias inovadoras (I_12); maior poder de automação e capacidade de decisão com o uso de robôs colaborativos e a redução de atividades consideradas perigosas para o ser humano (I_7); processos fabris autônomos e eficientes (I_5); etapas de cadeia de valor incorporadas desde o desenvolvimento até a pós-venda (I_11) e aumento do uso de sensores para identificar situações danosas aos colaboradores e contribuir para a ergonomia do processo (I_10).

Como limitações da pesquisa pode-se citar a especificidade e o tamanho da amostra analisada. Destaca-se, entretanto, que a mesma é constituída por profissionais acadêmicos que estudam e se aprofundam nos temas relacionados, podendo assim inferir que as informações aqui utilizadas possuem qualidade. Frente aos resultados obtidos é possível afirmar que os objetivos foram atingidos e contribuem para a ampliação dos debates acerca de um tema pouco trabalhado no Brasil e relevante para seu futuro econômico.

Como propostas de trabalhos futuros sugere-se a análise de impactos da indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial em outros países e comparações com os resultados aqui obtidos. Análise setoriais de indústrias brasileiras também se caracteriza com um tema plausível.

REFERÊNCIAS

- AHMAD M.A. Comunicação de pesquisa Indústria 4.0 : Contribuições para setor produtivo moderno. **Revista Intellectus**, v. 6, p. 53-58, 2017.
- AIRES, A. **Indústria 4.0: desafios e tendências para a gestão do conhecimento**. 1. ed. Florianópolis, 2018.
- Oliff, H; Liu, Y. Towards Industry 4.0 Utilizing Data-Mining Techniques: a case study on quality improvement. **Procedia CIRP**, v. 63, p. 167–172, 2017.
- ALMADA, F. The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems **Journal of Innovation Management**. v. 6, n. 1, p. 55–79, 2018.
- ANHOLON, R.; SANO, A. T. Analysis of critical processes in the implementation of lean manufacturing projects using project management guidelines. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, p. 2247–2248, 2016.
- ARENA, M; TERTZ, S; CICERI, N; BENGIO, I. A state-of-the-art of industrial sustainability: definitions, tools and metrics. **International Journal of Product Lifecycle Management**, v. 4, n. 1/2/3, p. 207, 2010.
- BARBOSA, G. DA S. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões 4ª Edição**, v. 1, p. 179–182, 2008.
- BAUER, W; HAMMERLE, M; SCHLUND, S; VOCKE, C. Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0”. **Procedia Manufacturing**, v. 3, n. Ahfe, p. 417–424, 2015.
- BAXANDALL, P.; BAXANDALL, P. The Future of Unemployment. **Constructing Unemployment**, p. 233–241, 2018.
- BEIER, G; SILKE, N; TILLA, Z; BING, X. Sustainability aspects of a digitalized industry – A comparative study from China and Germany. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology**, v. 4, n. 2, p. 227–234, 2017.
- BORLIDO, J. D. A. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção** Porto Seguro 2017, , 2017.
- BRANT, A.; SUNDARAM, M. A Novel Electrochemical Micro Additive Manufacturing

Method of Overhanging Metal Parts without Reliance on Support Structures. **Procedia Manufacturing**, v. 5, p. 928–943, 2016.

BRETTEL, M; FRIEDERICHSEN, N; KELLER, M; ROSENBERG, M. How virtualization, decentralization. **International Journal of Information and Communication Engineering**, v. 8, n. 1, p. 37–44, 2014.

BUCCIOLI, A. A B.; ZORZAL, E. R.; KIRNER, C. Usando Realidade Virtual e Aumentada na Visualização da Simulação de Sistemas de Automação Industrial. **Research Gate**, p. 4, 2006.

BUHR, D. Social Innovation Policy for Industry 4.0. **Friedrich Ebert Stiftung**, v. 2, 2015.

CARLOS, A. DANTAS, B; CELSO; R; RISSO, R. Modelo de gestão da sustentabilidade de empresas. **XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2015.

CHALLENGES, R. D. **Industry 4.0 and manufacturing ecosystems**. 1º Ed ed. EUA: 2016, 2016.

COELHO, P. **Rumo à Indústria 4.0**. Dissertação em engenharia mecânica. Coimbra. p. 65, 2006.

CORLETT, R. T.; PRIMACK, R. B. Sustainability: A mantra or a moral choice? An ecological and economic approach. **An Ecological**, v. 26, n. 74, p. 35–50, 2011.

COTRIM, S. L.; GOUVEIA, P. Análise Do Modelo Triple Bottom Line: Conceito, Histórico E Estudo De Casos. v. 17, n. 19, 2006.

FERNANDA, D; RODRIGUES, J. Challenges and opportunities of the manufacturing sector. p. 61–95, 2014.

DE SOUSA JABBOUR, A. B. L. et al. When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, n. October 2017, p. 18–25, 2018.

DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo. p. 20, 2000.

DU, P. LUO, L; HUANG, X; SU, J. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. **Journal of Colloid And Interface Science**, v. 514, n. 01, p. 172–181, 2018.

DUJIN, A. ; GEISSLER, A. ; H. D. Think Act Beyond Mainstream Industry 4.0 The new

industrial revolution How Europe will succeed. n. March, p. 1–22, 2014.

EKINS, P; SANDRINE, D; LISA, F; CARL, R. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. **Ecological Economics**, v. 44, n. 2–3, p. 165–185, 2003.

ELKINGTON, J. **Canibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Canadá, v. 30, 1988.

ELKINGTON, J. Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business. **Choice Reviews Online**, v. 36, n. 07, p. 36-3997-36–3997, 2013.

FURNIVAL, A. C. Desenvolvimento sustentável e a sociedade da informação: uma parceria natural? **Transinformação**, v. 12, n. 1, p. 73–82, 2014.

GERLITZ, L. Design for product and service innovation in industry 4.0 and emerging smart society. **Journal of Security and Sustainability Issues**, v. 2018 June, n. 2, p. 11, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 2. ed. São Paulo. Atlas, 2010.

GLAVIČ, P.; LUKMAN, R. Review of sustainability terms and their definitions. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 18, p. 1875–1885, 2007.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. In: **Revista de Administração de Empresas**. 3. ed. p. 20–29.

GRAY, D. **Pesquisa no mundo real**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 488.

HECKLAU, F; GALEITZKE, M; FLACHS, S; KOHL, H. Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 54, p. 1–6, 2016.

HELENA, L.; PPGEP, X. Vetores Da Sustentabilidade Em Um Ambiente Empresarial : Responsabilidade Social , Ambiental E Econômica Em Uma Empresa Do Setor Bancário Nacional. **Enegep**, 2008.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. **Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences**, v. 2016-March, p. 3928–3937, 2016.

JOSENDE PAZ, F.; MAHLMANN KIPPER, L. Sustainability in organizations: advantages and challenges. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 11, n. 2, p. 85–102, 2016.

JOVANE, F; YOSHIKAWA, H; ALTING, L; BOËR, C; WESTKAMPER, E; WILLIAMS, D; TSENG, M; SELIGER, G; PACI, A. The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 57, n. 2, p. 641–659, 2008.

KAGERMANN, H; WAHLSTER, W; HELBIG, J; HELLINGER, A; STUMPF, M; VERONIKA, T; LINDA, B; JOAQUÍN, G; HELEN, F. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. **Acatech**, n. April, p. 13–78, 2016.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 24. ed. Petrópolis, RJ.

KUZNAZ, T.; PFOHL, H.-C.; YAHSI, B. The impact of Industry 4.0 on the Supply Chain. **Innovations and Strategies for Logistics and Supply Chains**, n. August, p. 58, 2015.

LAKATOS, E; MARCONI. **Metodologia Científica**. 2.ed. São Paulo.

LATTIN, JAMES; CARROLL, J. DOUGLAS; GREEN, P. E. **Análise de Dados Multivariados**. São Paulo: Cengage Learning. p. 26, 2011.

LEE, E. A. Cyber Physical Systems : Design Challenges. **Distributed Computing**, p. 369, 2008.

LEWIS, E.; LEWIS, E. Triple Bottom Line. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 3, p. 272, 2015.

LIN, K. C.; SHYU, J. Z.; DING, K. A cross-strait comparison of innovation policy under industry 4.0 and sustainability development transition. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 5, 2017.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing-** Uma orientação aplicada. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MALTHUS, T. R. An Essay on the Principle of Population. University press Cambridge, 2011.

MATTIODA, R. A.; CANCEGLIERI JUNIOR, O. Abordagem dos conceitos do Triple Bottom Line No Desenvolvimento Integrado De Produtos. **Revista SODEBRAS**, v. 7, n. XX, p. 7–14, 2012.

MAYER, C. P. Security and Privacy Challenges in the Internet of Things Security and Privacy Challenges in the Internet of Thing. **Electronic Communications of the EASST**, v. 17, p. 1–

13, 2009.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. Beyond The Limits To Growth. **In Context**, p. 10–14, 1996.

MEKNI, M.; LEMIEUX, A. Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends. **Applied Computational Science Augmented**, p. 10, 2012.

MONOSTORI, L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 9–13, 2015.

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo, 2002.

MORENO, M; V, Ú, BENITO; S, A; ZAMORA, M. How can we tackle energy efficiency in iot based smart buildings? **Sensors (Switzerland)**, v. 14, n. 6, p. 9582–9614, 2014.

MUELLER, C. C. O debate dos economistas sobre a sustentabilidade: uma avaliação sob a ótica da análise do processo produtivo de Georgescu-Roegen. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 35, n. 4, p. 687–713, 2009.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, v. 83, n. January 2019, p. 121–139, 2016.

OLIVEIRA, F. T. DE; SIMÕES, W. L. A Indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. **Simpósio de Engenharia de Produção**, v. 1, p. 6, 2017.

OLIVEIRA, L; RAFFAELA, M; PEDRO, B; QUELHAS, O. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Production**, v. 22, n. 1, p. 70–82, 2011.

PARASURAMAN, A. **Marketing research**. Addison Wisley Publishing Company, Canadá, 2. ed, 1997.

PEREIRA, ADRIANO; OLIVEIRA, E. Conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, p. 9, 2018.

ROBLEK, V.; MEŠKO, M.; KRAPEŽ, A. A complex view of Industry 4.0. **SAGE Open**, v. 6, n. 2, p. 0–11, 2016.

RÜBMANN, M; LORENZ, M; GERBERT, P; MANUELA, J; JAN, E; PASCAL, H. Industry 4.0: World Economic Forum. **The Boston Consulting Group**, p. 20, 2015.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 01–22, 2015.

SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 161–166, 2016.

SCHWAB, K.; MACKENZIE, U. **A quarta revolução industrial**. 1º Ed ed. Geneva: 2016, 2016.

SHAFIQ, S; IMRAN, S; CESAR, S; EDWARD, T; C. Virtual engineering object/virtual engineering process: A specialized form of cyber physical system for industrie 4.0. **Procedia Computer Science**, v. 60, n. 1, p. 1146–1155, 2015.

SHAHID, N.; ANEJA, S. Internet of Things: Vision, application areas and research challenges. **Proceedings of the International Conference on IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud, I-SMAC 2017**, v. 10, n. 7, p. 583–587, 2017.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. v. 5. 6 ed. Florianópolis, UFSC.

SINGH, R. K. et al. Ranking of barriers for effective maintenance by using TOPSIS approach. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 22, n. 1, p. 18–34, 2016.

SORIANO, J. et al. Internet of services. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 7768 LNCS, p. 283–325, 2013.

STOCK, T; OBENAU, M; KUNZ, S; KOHL, H. Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 118, p. 254–267, 2018.

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 40, n. Icc, p. 536–541, 2016.

VINICIOS, M.; UFPR, S. literatura Impacts of Industry 4 . 0 on sustainability : a literature

review. 2017.

WAHLSTER, W; HELBIG, J; HELLINGER, A; STUMPF, M; VERONIKA, B; JOAQUÍN, G; HELEN, G. Editorial staff English translation Layout and typesetting Graphics. **Federal Ministry Of Education and Research**. April, 2015.

WENDEN, A. L. **Harness the power of big data**. Big Data Plataform, v. 3, 2013.

WIESMÜLLER, M. Industrie 4.0: surfing the wave? **Elektrotechnik und Informationstechnik**, v. 131, n. 7, p. 197, 2014.

YIN, Y.; QIN, S. F. A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2019.

YOON, K. P.; KIM, W. K. The behavioral TOPSIS. **Expert Systems with Applications**, v. 89, p. 266–272, 2017.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Número do CAAE: 18743019.7.0000.5404

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante da pesquisa e é elaborado em duas vias, assinadas e rubricadas pelo pesquisador e pelo participante, sendo que uma via deverá ficar com você e outra com nós pesquisadores.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de indicar sua concordância, você poderá esclarecê-las com os pesquisadores. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Os impactos que serão proporcionados a sustentabilidade pela adoção dos conceitos da Indústria 4.0 necessitam de maiores estudos para que os debates possam ser ampliados. Nesse sentido, estamos realizando duas pesquisas com objetivos bem definidos:

- 1) realizar entrevistas junto a pesquisadores e gestores empresariais envolvidos com o tema indústria 4.0 visando analisar os principais impactos em termos de sustentabilidade que serão observados em um horizonte de 10 anos na economia global.
- 2) realizar um debate junto a profissionais conhecedores do tema em questão valendo-se do método de pesquisa DELPHI, mas agora focando exclusivamente a realidade brasileira.

Você está sendo convidado para participar da pesquisa associada ao objeto 1.

Procedimentos:

A pesquisa associada ao objetivo 1 utilizará a técnica de entrevistas semiestruturadas. As mesmas serão realizadas via internet ou presencial, dependendo de sua disponibilidade. No caso de entrevista presencial, duas vias do TCLE serão assinadas pelo pesquisador responsável pela coleta de dados e por você e cada um ficará com uma via. Veja item “**Consentimento livre e esclarecido**”. No caso de entrevista realizada via internet, o pesquisador responsável pela

entrevista enviará o TCLE assinado para você; pedimos a gentileza de assinar, digitalizar ou tirar uma foto e enviar de volta ao pesquisador.

Após consentimento, a entrevista terá início com previsão de duração de 40 minutos. Inicialmente responda algumas perguntas que possibilitarão sua caracterização. Dando sequência, o pesquisador apresentará um impacto específico decorrente da adoção dos conceitos da Indústria 4.0 e você terá liberdade para apresentar seu ponto de vista sobre o mesmo. Ressalta-se que desejamos saber sua opinião para um horizonte de 10 anos. Posteriormente à explanação apresentada, atribua uma nota de 0 a 10 que sumarie as informações apresentadas por você, considerando as faixas a seguir.

Nota 0: acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 não será observado.

Nota 1 ou 2: acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma muito pontual apenas em alguns setores específicos de maior tecnologia.

Nota 3 ou 4: acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma pequena, mas pulverizado na maioria dos setores.

Nota 5 ou 6: acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma mediana e pulverizado na maioria dos setores.

Nota 7 ou 8: acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma intensa na maioria dos setores.

Nota 9 ou 10: acredito que no período destacado o impacto mencionado decorrente da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 será observado de forma intensa na maioria dos setores e muitos estudos acadêmicos e empresariais estarão sendo desenvolvidos sobre o mesmo.

Desconfortos e riscos:

Não há riscos previsíveis nesta pesquisa. Você não deve participar deste estudo se sentir qualquer desconforto em fornecer as informações solicitadas. Você pode interromper a entrevista a qualquer momento.

Benefícios:

Não há benefícios diretos para os participantes. O grande benefício social associado a esta pesquisa está relacionado à contribuição para o conhecimento científico na área de engenharia de produção.

Acompanhamento e assistência:

A todo o momento, os responsáveis pela pesquisa, a aluna de mestrado Patricia Fernanda da Silva Siltori e o professor Dr. Rosley Anholon estarão disponíveis via meios eletrônicos (e-mail, telefone, entre outros) ou pessoalmente (se possível) para prestar assistência e acompanhamento. Tais contatos são apresentados posteriormente

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e indenização:

Não há custos para os participantes relacionados a esta pesquisa. Você terá a garantia ao direito a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa. Dessa forma, deve ser garantido ao voluntário que não haverá ressarcimento.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores.

1) Aluna de Mestrado: Patricia Fernanda da Silva Siltori, Curso: Mestrado em Engenharia Mecânica, Rua Mendeleev, 200, Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais (DEMM), Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), Universidade Estadual de Campinas, telefone (15) 99639-7643, e-mail: p.fernanda.silva@hotmail.com.br, sala ED 306.

2) Professor Doutor Rosley Anholon, Rua Mendeleev, 200, Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais (DEMM), Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), Universidade Estadual de Campinas, telefone (19) 3521-3312, e-mail: rosley@fem.unicamp.br, sala EE 207.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP das 08:30hs às 11:30hs e das 13:00hs às 17:00hs na Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936 ou (19) 3521-7187; e-mail: cep@fcm.unicamp.br.

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP):

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas.

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que está possa acarretar, aceito participar como voluntário da pesquisa.

Nome do (a) participante

(Assinatura do participante) Data: ____/____/____

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguo, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Data: ____/____/____

Patricia Fernanda da Silva Siltori

APÊNDICE B – Roteiro de Entrevista

Parte 1: Caracterização

Instituição em que trabalha:

Cargo que ocupa na Instituição:

Localização da instituição (Cidade e Estado):

Formação profissional (graduação e pós-graduação):

Tempo de experiência:

E-mail (caso deseje receber os resultados da pesquisa):

Parte 2: Análise dos impactos

Impacto 1: com a Indústria 4.0 será possível atuar de forma descentralizada na produção de itens; como consequência, haverá redução no fluxo de atividades logísticas e isso permitirá menor impacto ambiental, visto que as atividades de transporte serão reduzidas e exigirão menor consumo de energia e/ou combustível.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 2: com a Indústria 4.0 será possível a utilização mais precisa dos recursos energéticos nos equipamentos e das matérias primas devido ao aumento de eficiência dos processos e do aprendizado de máquina; como consequência, haverá menor impacto ambiental proporcionado pelo processo produtivo.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 3: de forma adicional ao item anteriormente citado, os conceitos da indústria 4.0 também possibilitarão compreender melhor as reais necessidades dos clientes, sendo possível assim produzir pequenos lotes voltados a determinadas demandas e produtos customizados, o que também possibilitará menor impacto ambiental do processo produtivo.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 4: a customização em massa, por sua vez, aumentará o consumo de produtos e serviços, visto que os mesmos serão mais "atraentes" aos olhos dos consumidores, gerando assim maior quantidade de resíduos no pós-uso.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 5: os conceitos das Indústria 4.0 tornarão os processos fabris mais autônomos e eficientes, exigindo assim menor uso da força de trabalho humano em várias tarefas manuais e repetitivas quando comparado aos processos industriais atuais; tal mudança proporcionará um menor número de empregos e afetará boa parte dos trabalhadores que não conseguirão se qualificar no mesmo ritmo das modernizações.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 6: se por um lado a indústria 4.0 reduzirá a oferta de empregos para atividades manuais e mais repetitivas, por outro proporcionará o surgimento de novas profissões de alto valor agregado do ponto de vista do conhecimento e exigirá que a força de trabalho se qualifique do ponto de vista técnico e educacional, contribuindo assim para o desenvolvimento das pessoas.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 7: com maior poder de automação e maior capacidade de decisão, robôs poderão substituir seres humanos em tarefas consideradas perigosas e, como consequência, haverá a redução do número de acidentes de trabalho quando comparado aos processos atuais. O ambiente de trabalho também se tornará mais agradável e proporcionará melhor qualidade de vida ao funcionário.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 8: a adoção dos conceitos da indústria 4.0 proporcionará maiores oportunidade no mercado de trabalho para pessoas que tenham algum tipo de necessidade especial, visto que muitos processos funcionarão por meio do reconhecimento de voz e realidade virtual; permitirá assim maior participação das mesmas no ambiente industrial.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 9: para muitos autores, a indústria 4.0 exigirá das profissionais habilidades intelectuais e cognitivas, além de multidisciplinaridade e capacidade de atuação em equipe. Tais características permitirão o aumento do número de mulheres nas organizações visto que as mesmas no geral se destacam nas características supracitadas.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 10: a grande quantidade de sensores nos produtos e nos equipamentos produtivos permitirá identificar situações danosas ao ser humanos, contribuindo assim para ganhos do ponto de vista da ergonomia física e cognitiva.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 11: as etapas de cadeia de valor serão incorporadas desde o desenvolvimento até a pós-venda e com isso passará a ser mais colaborativa desde o fornecimento da matéria prima até o cliente final; isso permitirá uma melhor análise dos impactos ambientais, sociais e econômicos que um produto proporciona.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:

Impacto 12: com o advento da indústria 4.0 surgirão oportunidades para modelos de negócios inovadores e isso favorecerá o surgimento de startups companies e pequenas empresas, permitindo assim maior participação de profissionais no mercado de trabalho.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Justificativa/outras considerações:
