



UFAM

Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGE



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BRENDA DE JESUS MORAES ARAÚJO

**PADRÕES PROFISSIONAIS COMO FATOR DE ADAPTAÇÃO DOS RECURSOS
HUMANOS À INDÚSTRIA 4.0: ABORDAGENS PARA O DESENVOLVIMENTO E
IMPLEMENTAÇÃO NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA.**

MANAUS - AM

2023



UFAM

Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGE



BRENDA DE JESUS MORAES ARAÚJO

**PADRÕES PROFISSIONAIS COMO FATOR DE ADAPTAÇÃO DOS RECURSOS
HUMANOS À INDÚSTRIA 4.0: ABORDAGENS PARA O DESENVOLVIMENTO E
IMPLEMENTAÇÃO NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Tecnologias Emergentes.

Orientador: Prof. Dr. Armando Araújo de Souza Junior.

MANAUS - AM

2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A663p Araújo, Brenda de Jesus Moraes
Padrões profissionais como fator de adaptação dos recursos humanos à Indústria 4.0: abordagens para o desenvolvimento e implementação na Administração Pública. / Brenda de Jesus Moraes Araújo . 2003
103 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Armando Araújo de Souza Junior
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Indústria 4.0. 2. Competências. 3. Recursos humanos. 4. Serviço público. I. Souza Junior, Armando Araújo de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGE



BRENDA DE JESUS MORAES ARAÚJO

PADRÕES PROFISSIONAIS COMO FATOR DE ADAPTAÇÃO DOS RECURSOS HUMANOS À INDÚSTRIA 4.0: ABORDAGENS PARA O DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Tecnologias Emergentes.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. **Armando Araújo de Souza Júnior**, Presidente
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. **Marcelo Albuquerque de Oliveira**, Membro
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. **Sérgio Augusto Torres Mendes**, Membro
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

“Aceitai a minha correção, e não a prata; e o conhecimento, mais do que o ouro fino escolhido”.

“Porque melhor é a sabedoria do que os rubis; e tudo o que mais se deseja não se pode comparar com ela”.

Provérbios 8:10-11

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, primeiramente, por seu infinito amor, por ter me concedido a vida e por ter me agraciado com tantas oportunidades de experimentar Sua bondade e Graça.

De forma incondicional ao meu amado esposo, *Thiago Pinheiro de Araújo*, pelo amor e cuidado, por seu apoio irrestrito, sua dedicação incansável às nossas filhas durante esse período que estive empenhada ao mestrado, pelo incentivo e paciência, me fazendo acreditar que posso mais do que imagino, mesmo quando pensei em desistir.

Às minhas filhas, *Isabella e Rafaella*, que mesmo sendo tão novas, compreenderam minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho, e por sempre serem fonte de amor e alegria em minha vida.

Aos meus pais, *Jalil Alexandre Moraes e Rosimar Dias Moraes*, e aos meus *familiares* pelo amor, carinho e atenção que sempre me deram.

Aos meus *amigos*, por contribuírem direta ou indiretamente no desenvolvimento desta pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado. Em especial, à *Nycolle Santos e Gabriela Filgueira*, pelo apoio e incentivo demonstrados ao longo de todo o período em que estivemos dedicadas a esse mestrado.

Ao Prof. Dr. *Armando Araújo de Souza Júnior*, meu orientador, pelo aconselhamento assertivo, que muito contribuiu para aumentar o meu entendimento sobre o tema e melhorar a profundidade e a clareza da investigação, me instigando a ser resiliente diante dos desafios apresentados nesse processo.

Ao Prof. Dr. *Marcelo Albuquerque de Oliveira*, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, pela disponibilidade, apoio e esclarecimentos prestados ao longo do curso.

Aos *professores* que formam o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pelo conhecimento e experiência compartilhados nas aulas.

Às *instituições públicas* que me permitiram realizar esta pesquisa e aos *gestores* entrevistados por colaborarem ativamente com as informações prestadas.

RESUMO

Os avanços progressivos experimentados na cadeia produtiva ao longo da história nos colocaram diante da 4ª Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0 (I4.0), marcada pelo uso extensivo da Internet, robótica e digitalização. Há uma grande perspectiva que governos promovam tecnologias da I4.0, a fim de aperfeiçoar a gestão dos recursos públicos, bem como permitir a superação das limitações de processos e estruturas burocráticas estatais. Todavia, as transformações tecnológicas introduzidas por esse conceito mudam fundamentalmente as condições de trabalho das organizações e trazem sérias implicações para empregos e profissões. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar os padrões profissionais dos recursos humanos na Administração Pública, face à I4.0. Para isso, além da revisão narrativa da literatura, foi realizada uma pesquisa de abordagem qualitativa, de caráter descritivo baseado em dados coletados por meio de pesquisa documental e entrevistas semiestruturadas. A análise de conteúdo demonstrou que, atualmente, a força de trabalho nos órgãos públicos estudados demonstra um perfil profissional diversificado e qualificado. Contudo, há uma necessidade destacada de treinamentos e capacitações específicos, principalmente voltados para as tecnologias emergentes da I4.0. As organizações precisarão investir em treinamento regular, incentivar a aprendizagem autodirigida e criar uma cultura que valorize a inovação e a adaptação. Ao final, a pesquisa identificou as lacunas de competência e sugeriu estratégias organizacionais que poderão ser adotadas para mitigar os desafios para adaptação à I4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Competências; Recursos Humanos; Serviço Público.

ABSTRACT

The progressive advancements experienced in the production chain throughout history have placed us in the midst of the 4th Industrial Revolution, also known as Industry 4.0 (I4.0), characterized by extensive use of the Internet, robotics, and digitalization. There is a significant perspective that governments will promote I4.0 technologies to enhance the management of public resources and enable overcoming the limitations of state bureaucratic processes and structures. However, the technological transformations introduced by this concept fundamentally alter the working conditions of organizations and bring serious implications for jobs and professions. In this regard, the objective of this study was to assess the professional standards of human resources in Public Administration in the face of I4.0. To achieve this, in addition to a narrative literature review, a qualitative descriptive research approach based on data collected through documentary research and semi-structured interviews was conducted. The content analysis demonstrated that, currently, the workforce in the studied public agencies exhibits a diversified and qualified professional profile. However, there is a highlighted need for specific training and qualifications, mainly focused on the emerging technologies of I4.0. Organizations will need to invest in regular training, encourage self-directed learning, and create a culture that values innovation and adaptation. In conclusion, the research identified competency gaps and suggested organizational strategies that could be adopted to mitigate the challenges of adapting to I4.0.

Keywords: Industry 4.0; Skills; Human Resources; Public service.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quadro das Revoluções Industriais.....	20
Figura 2 – Estrutura da Indústria 4.0.	22
Figura 3 – As 9 tecnologias Habilitadoras.	24
Figura 4 – Representação das principais etapas do processo de Manufatura Aditiva.	31
Figura 5 – Exemplo de exibição mista de vídeo	32
Figura 6 – Desafios para a implementação da I4.0.	34
Figura 7 – Evolução das gerações de operadores.....	35
Figura 8 – Definições dos Sujeitos da Pesquisa.....	51
Figura 9 – Procedimentos operacionais associados aos objetivos da pesquisa.....	53
Figura 10 – Operacionalinação da Pesquisa.....	53
Figura 11 - Posicionamento da Unidade no Organograma Administrativo da Instituição 1...	55
Figura 12 - Estrutura funcional da unidade de Gestão de Pessoas da Instituição 1.	55
Figura 13 - Estrutura funcional da unidade de Gestão de Pessoas da Instituição 2.	57
Figura 14 - Organização funcional da Instituição 3	58
Figura 15 - Levantamento documental das Instituições.....	60
Figura 16 - Síntese da análise documental da Instituição 1.....	61
Figura 17 - Síntese da análise documental da Instituição 2.....	62
Figura 18 - Síntese da análise documental da Instituição 3.....	63
Figura 19 - Procedimentos de análise de conteúdo das entrevistas.....	66
Figura 20 - Sugestões estratégicas.....	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de competências I4.0 advindas da literatura.	36
Quadro 2 – A classificação das competências.	37
Quadro 2 – A classificação das competências (continuação).	38
Quadro 3 – Classificação das Habilidades e Qualificações Exigidas	39
Quadro 4 – Recomendação para Ação.	39
Quadro 4 – Recomendação para Ação (continuação).	40
Quadro 5 – Habilidades (Digitais) do Século XXI.	42
Quadro 5 – Habilidades (Digitais) do Século XXI (continuação).	43
Quadro 6 – Dimensões para avaliação da adaptação do perfil profissional à I4.0.....	44
Quadro 6 – Dimensões para avaliação da adaptação do perfil profissional à I4.0 (continuação)	45
Quadro 6 – Dimensões para avaliação da adaptação do perfil profissional à I4.0 (continuação)	46
Quadro 7 - Identificação dos eixos temáticos das entrevistas.....	67
Quadro 8 - Lacunas de competências identificadas no estudo.....	83
Quadro 8 - Lacunas de competências identificadas no estudo (continuação).....	84

LISTA DE SIGLAS

AR - Realidade Aumentada

BDA - *Big Data Analytics*

CNI - Confederação Nacional da Indústria

CPS - Sistemas Ciberfísicos

I4.0 - Indústria 4.0

IoT - Internet das Coisas

IoS - Internet de Serviços

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PWC – *PricewaterhouseCoopers*

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TIC - Tecnologia de Informação e Comunicação

WEF - *World Economic Forum*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização do tema	13
1.2	Situação Problema	14
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
1.4	Justificativa	16
1.5	Estrutura da Dissertação	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Evolução e Origem da Indústria 4.0	19
2.2	Indústria 4.0	21
2.3	Tecnologias Habilitadoras para a I4.0	23
2.3.1	<i>Big Data Analytics</i> (BDA)	24
2.3.2	Robôs autônomos	25
2.3.3	Simulação	26
2.3.4	Integração Horizontal e Vertical de Sistemas	26
2.3.5	Internet das Coisas (IoT)	27
2.3.6	Segurança Cibernética	28
2.3.7	Nuvem	29
2.3.8	Manufatura Aditiva	30
2.3.9	Realidade Aumentada	32
2.4	Qualificação e Habilidades para a Indústria 4.0	33
2.5	Indústria 4.0 na Administração Pública	40
3	PERCURSO METODOLÓGICO	47
3.1	Natureza da Pesquisa	47
3.2	Objetivos da Pesquisa	48
3.3	Abordagem da Pesquisa	48
3.4	Procedimentos da Pesquisa	49
3.5	Métodos para coleta de dados	49
3.6	Análise dos resultados	51
3.7	Operacionalização da Pesquisa	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	54

4.1 Caracterização dos locais objeto deste estudo	54
4.1.1 Instituição 1 (Esfera Federal).....	54
4.1.2 Instituição 2 (Esfera Estadual)	56
4.1.3 Instituição 3 (Esfera Municipal).....	57
4.2 Levantamento e análise documental.....	59
4.3 Análise de conteúdo das entrevistas.....	65
4.4 Diagnóstico geral com a identificação das lacunas e oportunidades	82
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
6 CONTRIBUIÇÕES.....	92
6.1 Contribuições Acadêmicas.....	92
6.2 Contribuições Econômicas.....	92
6.3 Contribuições Sociais	92
REFERÊNCIAS	94
APÊNDICE	101

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

As transformações introduzidas na indústria, decorrentes da busca incessante por competitividade, mudaram a organização do processo produtivo ao longo da história e ficaram conhecidas como Revoluções Industriais. A Inglaterra foi o berço da primeira revolução industrial e introduziu as máquinas a vapor, energia hidráulica e mecanização no sistema produtivo. Com a segunda revolução industrial, introduziu-se o uso de eletricidade e o desenvolvimento de técnicas de produção em massa e racionalização do processo produtivo por meio da divisão do trabalho. A utilização da robótica foi o grande marco da terceira revolução industrial, cujo foco era a automação da manufatura (Avitia-Carlos *et al.*, 2019; Coelho, 2016; Ghobakhloo, 2018; Sakurai; Zuchi, 2018).

Os avanços progressivos experimentados pelas três primeiras revoluções, que duraram quase 200 anos, nos colocaram diante de um novo marco industrial, que convencionou-se chamar de Quarta Revolução Industrial ou também, Indústria 4.0, o qual é fortemente marcado pelo uso extensivo da Internet, robótica e digitalização, de forma integrada no ambiente de produção. Esse conceito foi abordado pela primeira vez na Feira de Hannover, em 2011, na Alemanha, fundamentando que a integração de máquinas, sistemas e ativos permitiria a criação de “fábricas inteligentes”, as quais possuiriam autonomia para programar manutenções, prever falhas e proceder mudanças nos processos produtivos (Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, 2013; Liao *et al.*, 2018; Oesterreich; Teuteberg, 2016; PWC, 2016).

Os princípios dessa nova indústria estão solidificados na virtualização, interoperabilidade, descentralização, agilidade, orientação a serviços, integração de processos de negócios e gerenciamento de dados em tempo real. Além disso, nove tendências de tecnologias disruptivas formam a base da I4.0, quais sejam: *big data analytics*, *cloud computing*, simulação, sistemas de integração horizontal e vertical, robôs, realidade aumentada, manufatura aditiva e Internet das Coisas – IoT (Ustundag; Cevikcan, 2017; Vaidya; Ambad; Bhosle, 2018).

Além dos desafios inerentes aos investimentos financeiros necessários para a aquisição e implantação de novas tecnologias, a implementação do conceito da I4.0 na cadeia produtiva muda fundamentalmente as condições de trabalho das organizações e traz sérias implicações para habilidades, competências, empregos e profissões, face à complexidade dos futuros sistemas de produção. Os sistemas de fabricação inteligentes automatizam procedimentos repetitivos, ao mesmo tempo que exigem o desenvolvimento de atividades extremamente complexas, interconectadas e com o processamento de grande volume de dados, que demandam análise crítica. Esta revolução, embora amplamente discutida no setor privado, tem implicações profundas para o setor público. (Erol *et al.*, 2016; Mohelska; Sokolova, 2018).

Assim como no setor privado, as organizações públicas estão buscando cada vez mais a eficiência dos seus processos e a racionalização dos gastos, a fim de possibilitar a melhoria da prestação dos serviços à sociedade, bem como promover a *accountability*. Esse movimento tem impulsionado a digitalização do setor público, exigindo um perfil de servidores capazes de interagir com vários sistemas, realizar a análise de dados e tomar decisões mais inteligentes diante de um cenário de contingenciamento de recursos. Nesse contexto, impõe às organizações a adoção de estratégias de desenvolvimento e qualificação da força de trabalho atual e futura, de modo que os funcionários estejam capacitados para assumir atividades mais estratégicas, coordenativas e criativas. (Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018; Hecklau *et al.*, 2016; Stern *et al.*, 2018).

A I4.0 é especialmente relevante para o serviço público porque redefine a forma como os serviços são entregues e geridos. A eficiência, a responsabilidade e a transparência tornam-se imperativos neste novo cenário, exigindo uma força de trabalho altamente capacitada e adaptável.

1.2 Situação Problema

A transformação digital na esfera pública permitirá a superação das limitações de processos e estruturas burocráticas estatais. Há uma grande perspectiva que governos promovam tecnologias da I4.0, a fim de possibilitar o aperfeiçoamento da gestão e o aumento de produtividade, o que representa uma prestação de serviço público de

qualidade. Assim, a introdução de novas tecnologias apresenta um potencial de ganhos de eficiência significativo e pressiona os governos a transformarem suas formas de trabalho, como alternativa para o desenvolvimento do país em uma era digital (Malhotra; Anand; Soni, 2020; Stern *et al.*, 2018).

Nessa direção, emerge a necessidade de adaptação do perfil profissional dos servidores públicos para o desempenho de competências tecnológicas específicas e atualizadas, bem como a necessidade de formação de equipes mais ágeis e interdisciplinares, capazes de conduzir o setor público à I4.0. Nesse cenário, o capital humano é reconhecido como o recurso estratégico do país, desempenhando um papel importante na criação das condições necessárias para a inserção da inovação na administração pública (Chulanova, 2019; Stern *et al.*, 2018).

É imperioso reconhecer o estado atual dos recursos humanos, classificando o nível de capacitação e qualificação presentes, além de identificar o conjunto de competências que precisam ser desenvolvidas para a implementação bem-sucedida da I4.0, criando-se exigências de aptidões, treinamento e capacitação voltados à possibilidade de mudança de perfil dos servidores públicos (Ghobakhloo, 2018; Hecklau *et al.*, 2016).

Embora a importância das práticas de Recursos Humanos - RH na promoção de melhor desempenho organizacional seja reconhecida, Knies *et al.* (2015) destacam que a maioria dos estudos que examinam essa relação estão concentrados no setor privado. Todavia, é salutar que as práticas de RH nas instituições do setor público atuem de forma a potencializar a eficiência dos órgãos governamentais, haja vista que esses entes têm sido submetidos a regimes financeiros cada vez mais rígidos e com maior controle da sociedade quanto ao emprego dos recursos públicos.

Ademais, a falta de pesquisas que investiguem a gestão estratégica de recursos humanos em organizações públicas reforça o paradigma cultural que rotula esse setor como um prestador de serviço ineficiente e ineficaz, além de sugerir que melhorar o desempenho organizacional do governo não possui importância estratégica dentro de suas políticas. Sob esta perspectiva, é importante que sejam implementadas técnicas mais eficientes de gestão de recursos humanos, que necessitarão adaptar-se às exigências decorrentes dos avanços associados à I4.0, entendendo que novos perfis profissionais serão exigidos, especialmente aqueles relacionados à inovação digital, e que o capital humano deverá acompanhar esse novo cenário (Knies *et al.*, 2015; Stern *et al.*, 2018).

Diante do exposto, a questão norteadora desta pesquisa ficou definida como: **Quais competências humanas devem ser desenvolvidas para implementação bem-sucedida da Indústria 4.0 na Administração Pública?**

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Objetivo geral desta pesquisa foi avaliar os padrões profissionais dos recursos humanos na Administração Pública, face à Indústria 4.0.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar as competências e habilidades essenciais à força de trabalho para implementação da Indústria 4.0 no setor público;
- Avaliar a prontidão dos Recursos Humanos para a Indústria 4.0 na Administração Pública;
- Analisar os desafios da Administração Pública para adaptação dos recursos humanos atual à Indústria 4.0.

1.4 Justificativa

Os avanços tecnológicos introduzidos pela I4.0, incorporaram melhores práticas na gestão de processos, agregando valor a toda cadeia produtiva. Esse novo modelo de indústria que se vive atualmente, concilia tecnologias físicas e digitais tais como *big data analytics*, *cloud computing*, simulação, sistemas de integração horizontal e vertical, robôs, realidade aumentada, manufatura aditiva e ainda a Internet das Coisas designada por IoT. Nesse sentido, os estudos sobre a I4.0 têm discutido essa revolução, principalmente, sob uma perspectiva tecnológica, sendo negligenciada, muitas vezes, os

desafios relativos à gestão do capital humano (Dombrowski; Richter; Krenkel, 2017; Mohelska; Sokolova, 2018; Ustundag; Cevikcan, 2017).

A expansão da I4.0 na Administração Pública, com base na digitalização e inovação na prestação de serviços, potencializa o desenvolvimento econômico do país, possibilitando a resolução de problemas urgentes da sociedade e, conseqüentemente, permitirá o aumento do padrão de vida da população. Ressalta-se, que o desenvolvimento de novas tecnologias produz mudanças significativas nos modelos de negócios em todos os setores, aumentando os requisitos de qualificação da força de trabalho, que necessitarão desenvolver competências específicas para interagir com essas tecnologias emergentes (Chulanova, 2019; Syed *et al.*, 2018).

A gestão tradicional dos recursos humanos, focada apenas na seleção, contratação e demissão de funcionários, precisará desenvolver estratégias voltadas para a educação, aprendizagem e treinamento apropriado dos funcionários em vários níveis. Além disso, o modelo da I4.0 pressionará os sistemas de ensino a repensarem o enquadramento necessário para a educação e formação primária e contínua nas escolas, faculdades e universidades, de modo adaptar a realidade digital existente às exigências do mercado frente à influência dessa nova revolução, formando capital humano com as competências necessárias ao novo cenário (Ghobakhloo, 2018; Shevyakova *et al.*, 2021).

A mudança de paradigma para a I4.0 tem forte impacto no governo, especialmente no que diz respeito à formulação de políticas públicas, ao orçamento e medição de desempenho, à organização das instituições e à prestação de serviços públicos. A análise oportuna dos requisitos para as qualificações e competências dos trabalhadores públicos permitirá maiores ganhos de produtividade, amplificando os resultados esperados pelos governos (Skorková, 2016; Wasistiono, 2019).

À vista disso, é necessário expandir a proficiência dos recursos humanos para utilização das novas ferramentas e tecnologias, a fim de adaptá-los a um ambiente cada vez mais digitalizado e conectado. Essas iniciativas postulam a identificação das competências e habilidades necessárias ao perfil profissional para a I4.0. (Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018; Hecklau *et al.*, 2016; Kusmin; Tammets; Ley, 2018).

Esta pesquisa, ao abordar os aspectos sociais da I4.0, estudando as competências e habilidades essenciais à força de trabalho para implementação desse conceito no contexto

público, sob a perspectiva do aumento de eficiência e alto desempenho, se mostra relevante, dada a desafiadora tarefa de gerenciar profissionais em organizações do setor público. Destaca-se, ainda, a importância de identificar lacunas de competência, a fim de desenvolver estratégias para preenchê-las e, dessa forma, potencializar o uso de inovação tecnológica nos serviços públicos.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta pesquisa está organizado em 6 capítulos, conforme detalhado a seguir:

Na seção inicial, a introdução apresenta a contextualização do tema, seguido da situação problemática, dos objetivos pretendidos e da justificativa do estudo. O capítulo seguinte apresenta uma revisão da literatura no qual são abordados a origem e evolução da I4.0, além dos principais conceitos e tecnologias habilitadoras que envolvem essa revolução industrial. Também são abordados os aspectos sociais, sob a perspectiva das competências humanas exigidas para a implementação do conceito, aprofundando o assunto na Administração Pública. No terceiro capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos e as ferramentas utilizadas na realização da pesquisa. O Capítulo 4 expõe a análise e a discussão dos resultados. No Capítulo 5 apresentam-se as considerações finais e, finalmente, no Capítulo 6 as contribuições acerca do estudo, seguido das referências utilizadas como fundamentação teórica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico abordará a evolução e origem da Indústria 4.0 (I4.0), discutindo seus fundamentos e as tecnologias habilitadoras para implantação do conceito, a fim de entender as condições de desenvolvimento e adaptação das competências profissionais para a I4.0, com o enfoque para a implementação na Administração Pública.

2.1 Evolução e Origem da Indústria 4.0

As mudanças ocorridas na indústria nos últimos séculos, decorrentes da evolução tecnológica, modificaram a dinâmica do mercado, o sistema produtivo e a organização do trabalho. Esse processo, que ao longo da história ficou conhecido como Revoluções Industriais, bem como os empenhos profissionais de pesquisa e desenvolvimento (P&D) nos conduziram para o atual momento que vivemos, de profundas modificações e importantes avanços tecnológicos e econômicos, como resultado da disputa entre os países desenvolvidos por melhores posições no mercado (Avitia-Carlos *et al.*, 2019; Freeman; Soete, 2008).

A primeira revolução industrial, que teve origem na Inglaterra, foi o resultado da introdução de máquinas à vapor no sistema produtivo que, até então, era totalmente artesanal; a segunda surgiu do uso de eletricidade para desenvolver tecnologias de produção em massa e dos avanços na área da indústria química e do aço, além da racionalização do processo produtivo por meio divisão do trabalho; a terceira revolução ficou marcada pelo uso de tecnologias relacionadas a robotização em linhas de produção e a tecnologia da informação, visando maior automação da manufatura (Coelho, 2016; Sakurai; Zuchi, 2018).

A partir dos avanços tecnológicos decorrentes dessas revoluções industriais, frutos da busca por mais dinamismo, eficiência e qualificação no desenvolvimento das atividades, somados ao uso da Internet e várias técnicas de inteligência artificial na cadeia produtiva, ficamos diante de uma quarta revolução industrial, intitulada de Indústria 4.0, cujo foco é o uso da conectividade e inovação tecnológica como estratégia de

competitividade econômica (Lima; Gomes, 2020). A Figura 1 apresenta uma síntese das Quatro Revoluções Industriais.

Figura 1 - Revoluções Industriais.



Fonte: Coelho (2016, p. 15).

O conceito I4.0 apareceu pela primeira vez na Alemanha, durante a Feira de Hannover, em 2011, e foi apresentado como uma estratégia do governo para aumentar a produtividade e eficiência da indústria alemã, fazendo uso de inovações de alta tecnologia, a fim de garantir a forte posição competitiva desse país no mercado mundial (Avitia-Carlos *et al.*, 2019; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013).

O grupo de trabalho sobre I4.0 fundamentou o relatório apresentado ao Governo Federal Alemão na tendência de digitalização e automação de manufatura, a partir da ideia de que integrando máquinas, sistemas e ativos, as empresas podem criar “fábricas inteligentes” as quais programarão manutenções, preverão falhas e procederão mudanças nos processos produtivos de forma autônoma. Ou seja, a proposta apresentada visava a digitalização dos ativos físicos e a sua integração em sistemas digitais, auxiliando o trabalho humano e contribuindo para o aumento da capacidade produtiva, da otimização dos recursos e promovendo eficiência em toda a cadeia de produção (Liao *et al.*, 2018; Oesterreich; Teuteberg, 2016; PWC, 2016).

Para Ustundag e Cevikcan (2017), esse modelo de indústria que se vive atualmente, conhecido I4.0, é a combinação dos avanços das últimas revoluções industriais com a visão de um futuro com sistemas de produção inteligentes e automatizados, no qual conciliam tecnologias físicas e digitais tais como *big data analytics*, *cloud computing*, simulação, sistemas de integração horizontal e vertical, robôs, realidade aumentada, manufatura aditiva e ainda a Internet das coisas designada por IoT.

2.2 Indústria 4.0

Hermann, Pentek e Otto (2016) e Sacomano *et al.* (2018), citam que os elementos fundamentais da I4.0 representam a base tecnológica sobre qual o próprio conceito se sustenta e sem os quais seria infactível considerar sua própria existência, sendo eles: Sistemas Ciber-físicos, Internet das Coisas (IoT), Internet de Serviços (IoS) e, especificamente para Hermann, Pentek e Otto (2016), Fábrica Inteligente.

Os autores explicam que os sistemas Ciber-Físicos (*cyber-physical systems* – CPS) controlam processos físicos, por meio de uma cópia virtual, dentro da estrutura modular das Fábricas Inteligentes (*smart factories*), permitindo assim a definição de soluções e decisões. A IoT possibilita, em tempo real, a comunicação e cooperação da CPS entre si e com os humanos, auxiliando pessoas e máquinas na execução de suas tarefas. E, por meio da IoS, participantes da cadeia de valor ofertam e utilizam serviços internos e externos à organização.

Nesse sentido, Müller, Buliga e Voigt (2018) corroboram avaliando que a I.4.0 integra todos os elementos por meio da CPS, e que esse nível de interligação permite o surgimento da ligação Máquina-Máquina (MM), Humano-Máquina (HM) e Máquina-Humano-Máquina (MHM), gerando eficiência, e resulta em criação de valor para a indústria. Com efeito, essa nova forma de interação pressupõe a análise e armazenamento de dados demasiados grandes (*Big Data*) ao longo de toda a cadeia produtiva, a fim de possibilitar ações preventivas e corretivas e a adaptabilidade, em tempo real, às condições alteradas (Benešová; Tupa, 2017).

Para Rübel *et al.* (2018), a I4.0 possibilita um modelo de negócio proativo, a partir da gestão, otimização e integração de redes de valor inteiras, que realizam um

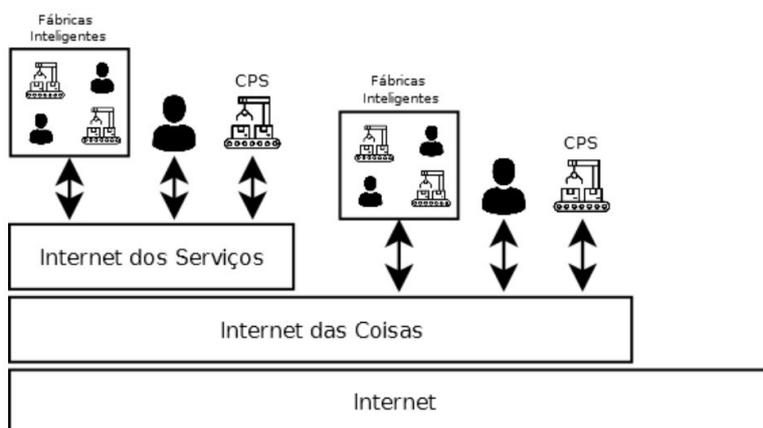
acompanhamento inteligente e permitem a tomada de decisão autônoma. À vista disso, a I.4.0 favorece a customização, interação e hibridez.

Ainda nessa perspectiva, de acordo com Li e Lau (2019), o monitoramento real da produção em massa em diferentes localidades, a digitalização e a capacidade de resolver problemas proativamente são componentes fundamentais para o entendimento do conceito de I4.0. Nessa lógica, Dombrowski, Richter e Krenkel (2017) destacam que a I.4.0 é uma rede inteligente, conectada em tempo real, que interliga pessoas e equipamentos e seu principal objetivo é melhorar a gestão de processos e gerar valor na cadeia produtiva.

As inovações trazidas pela I.4.0 tornam a produção mais autônoma e dinâmica, uma vez que se alicerça na integração de tecnologias, informação e comunicação, permitindo a produção de produtos extremamente customizados, orientados para oferecer maior nível de personalização por cliente, aliado à velocidade e produção em larga escala. Isso é possível em virtude da sistemática de coleta e análise de dados em todas as máquinas, o que torna os processos mais flexíveis, mais dinâmicos, mais eficientes, o que é refletido no aumento da qualidade dos produtos e na redução dos custos (Santos *et al.*, 2017; Tortorella; Fettermann, 2018).

A partir dessa visão, Pereira e Simonetto (2018) inferem que a I4.0 está estruturada como um conjunto de CPS, pessoas e fábricas inteligentes que, interagindo entre si, utilizam recursos da Internet dos Serviços e da Internet das Coisas, que, por seu turno, estão sobre a Internet, conforme demonstrados na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura da Indústria 4.0.



Fonte: Pereira e Simonetto (2018, p 5).

Alicerçado nos conceitos apresentados, Hermann, Pentek e Otto (2016) definiram a I4.0 como um termo coletivo para tecnologias e conceitos de organização da cadeia de valor. Nas Fábricas Inteligentes, estruturadas de forma modular, o CPS monitora e controla os processos físicos, a partir de uma cópia virtual, que possibilita a tomada de decisões descentralizadas. Na IoT, os CPS interagem e cooperam entre si e com humanos em tempo real, para atingir objetivos comuns. Por meio do IoS, serviços internos e interorganizacionais são oferecidos e utilizados pelos participantes da cadeia de valor, permitindo que os processos produtivos sejam autônomos.

A capacidade de prever falhas, de autocorreção e flexibilidade do processo de produção são evidenciadas como características da I4.0, e são possíveis mediante a integração e conexão, ao longo de toda a cadeia de valor, entre sensores, ambientes de trabalho, máquinas e sistemas de Tecnologia da Informação, utilizando protocolos da Internet. Dessa forma, os processos serão mais ágeis, mais flexíveis e mais eficientes, permitindo que os produtos tenham custos reduzidos, porém com alta qualidade (Rüssmann *et al.*, 2015).

2.3 Tecnologias Habilitadoras para a I4.0

As transformações promovidas pelos avanços tecnológicos dos últimos anos, são considerados os pilares para a construção da I4.0 e já estão sendo usados, em grande parte, nos processos produtivos, porém sem explorar o seu potencial de ação quando interagem entre si em tempo real e de maneira interconectada. Agora, com o advento da I4.0, essas tecnologias transformarão a produção: células isoladas se unirão proporcionando um fluxo de produção totalmente integrado, automatizado e otimizado, elevando o nível de eficiência e promovendo mudanças nas relações tradicionais de produção. A Figura 3 apresenta os nove avanços tecnológicos fundamentais que formam a base da I4.0 (Ejsmont, 2021; Rüssmann *et al.*, 2015).

Figura 3 – Tecnologias Habilitadoras.



Fonte: Adaptado de Rüssmann *et al.* (2015, p. 2).

2.3.1 *Big Data Analytics* (BDA)

Big-Data é o termo em TI que diz respeito a grandes volumes de dados que são processados e armazenados incessantemente em tempo real, e são resultantes da coleta de dados de muitas fontes, vindos de sensores, dispositivos, aplicativos da *Web* e mídias sociais, ligados à rede (IoT). Não se trata apenas de volumes gigantes de dados, mas diz respeito a uma extraordinária diversidade de tipos de dados, entregues em várias velocidades e frequências. Dessa forma, a análise de big data é a aplicação de técnicas analíticas avançadas a conjuntos de dados muito grandes (Pereira; Simonetto, 2018; Russom, 2011).

Com o aumento do volume de dados que as empresas precisam analisar e, diante da necessidade de fazer a gestão de informações detalhadas, a fim de entender o estado atual dos seus negócios e rastrear aspectos ainda em evolução, o *Big Data* ganha destaque no contexto da I4.0 por aperfeiçoar e otimizar a qualidade da produção, possibilitando redução de custos, economia energética, melhor aproveitamento dos recursos e melhoria

nos padrões de qualidade dos produtos e serviços, além de dar suporte à tomada de decisões (Rüssmann *et al.*, 2015; Russom, 2011).

Para Coelho (2016), se os dados coletados não forem interpretados e contextualizados, serão apenas números, palavras ou outros sinais que representam fatos sobre uma realidade objetiva, porém não possuirão qualquer significado, mesmo quando verificados e validados. É necessário que esses dados deem origem à informação que, por seu turno, produzirão o conhecimento capaz de fazer prospecção de mercado, identificação de falhas no processo produtivo, análise de comportamento do cliente e, conseqüentemente, viabilizará a tomada de decisões simultâneas. O gerenciamento eficaz do *Big Data* aumenta a interconectividade de máquinas e confere uma produção inteligente, resiliente e capaz de se ajustar às condições do ambiente (Lee; Bagheri; Kao, 2015).

2.3.2 Robôs autônomos

Dentro da conjuntura da I4.0, o uso da robótica assume relevância e já vem sendo utilizado em muitos segmentos, ganhando maior importância com o advento da Inteligência Artificial - IA. O objetivo dessas ferramentas é o desenvolvimento de tecnologias capazes de simular o raciocínio humano, permitindo que robôs autônomos executem tarefas de forma precisa e inteligente, dentro de prazos pré-determinados, além de conferir segurança, flexibilidade, cooperação e dinamismo à cadeia produtiva. A tendência é que os robôs sejam cada vez mais autônomos e evoluídos, aptos a promoverem melhorias contínuas e instantâneas, a partir do seu próprio funcionamento, sem a necessidade da interferência de operadores humanos (Lobo, 2017; Vaidya; Ambad; Bhosle, 2018).

Para Vallor e Bekey (2017), a convergência da tecnologia robótica com a IA amplia a capacidade desses agentes artificiais de executarem atividades cada vez mais complexas, que anteriormente eram consideradas exclusivas da inteligência e criatividade humana. Robôs autônomos são capazes de resolver problemas abstratos, desenvolver reconhecimento perceptivo de padrões de desempenho, permitindo a aplicação de ações preditivas que interferem, inclusive, nos fluxos de trabalho (Albertin *et al.*, 2017).

2.3.3 Simulação

A Simulação espelha o mundo físico em um modelo virtual sintetizado, que imita a cadeia de produção tanto no processo de fabricação quanto nos níveis operacionais do sistema, identificando a lógica por trás da operação do recurso físico. Essa tecnologia permite que sejam selecionadas respostas a eventos sobre o desempenho do modelo implementado, por meio da observação dessa cópia artificial. Porém, é necessário considerar os limites ou fronteiras do modelo criado para representar o sistema, que deve ser complexo o suficiente para responder às questões levantadas (Babiceanu; Seker, 2016).

Vaidya, Ambad e Bhosle (2018), defendem que o uso de Simulação nos processos de produção diminui os tempos de parada, reduz falhas e dá suporte à tomada de decisão, aperfeiçoando as atividades desenvolvidas na cadeia produtiva. Isso é possível porque a Simulação imita a operação de um processo ou sistema para fazer inferências sobre as características e comportamentos operacionais do que está sendo representado.

Com essa metodologia, são realizadas análises de situações reais e hipotéticas, de maneira a viabilizar a modelagem dos processos e a configuração mais rápida dos equipamentos, a partir dos resultados obtidos por meio de softwares de simulação avançado para prototipagem virtual. Essa virtualização de toda a cadeia de valor dá confiabilidade e segurança às operações, além de subsidiar intervenções operacionais, imputando maior qualidade à tomada de decisão (Albertin *et al.*, 2017; Rüssmann *et al.*, 2015; Vaidya; Ambad; Bhosle, 2018).

2.3.4 Integração Horizontal e Vertical de Sistemas

Para Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) e Stock e Seliger (2016), a I4.0 está ancorada, sobretudo, em três dimensões de integração que possibilitarão que sistemas diferentes tenham conexão entre si, por meio da adoção de um protocolo único de comunicação e padronização: (1) integração horizontal em toda a rede de criação de valor, (2) integração vertical e sistemas de manufatura em rede (3) engenharia de ponta a ponta em todo o ciclo de vida do produto.

A integração horizontal em toda a rede de criação de valor pressupõe novos modelos inteligentes de cooperação interorganizacional e intraorganizacional, estabelecendo redes globais dinâmicas, otimizadas, flexíveis e transparentes. A integração vertical e sistemas de manufatura em rede permitem que a planta reaja em tempo real às mudanças na demanda ou nos níveis de estoque, bem como identifique falhas e flutuações na qualidade de maneira autônoma (Stock; Seliger, 2016; Tropaia; Silva; Dias, 2017).

Um dos principais desafios enfrentados nos modelos de sistemas de informação da atualidade é a falta de integração e comunicação entre os diferentes agentes e processos da cadeia de valor, bem como nos variados níveis hierárquicos internamente à fábrica. O potencial competitivo na I4.0 está fortemente relacionado com a capacidade de fazer gestão de processos industriais complexos, onde tarefas são realizadas por diferentes parceiros em diferentes localizações geográficas, por meio dessas redes de comunicação integradas (Tropaia; Silva; Dias, 2017).

Gonçalves *et al.* (2019) e Santos *et al.* (2018), apontam que a aplicação dessa tecnologia possibilitará melhorias no desempenho e na organização das operações, fortalecendo o potencial competitivo no mercado global. A criação de valor ocorrerá através da conexão, de forma automatizada, dos processos e compartilhamento de dados tanto internos quanto externos, permitindo acesso às informações do nível da produção em tempo real que possibilitará respostas mais rápidas às mudanças do mercado

Para os autores, os processos industriais alcançarão flexibilidade, eficiência, otimização dos recursos e diminuição dos custos com o pleno desenvolvimento digital da integração vertical, integração horizontal e engenharia de ponta a ponta, que é habilitada pelas duas anteriores, criando fluxos de informações de ponta a ponta em toda a cadeia de valor (Gonçalves *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2018).

2.3.5 Internet das Coisas (IoT)

Para Evans (2011) e Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), a Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), representa a integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas a Internet, possibilitando a coleta, troca e armazenagem inteligente de

dados que, após processados e analisados, produzem informações, conhecimento e, por fim, sabedoria capazes de otimizar a interação humana à diversas redes de objetos.

Atzori, Iera e Morabito (2010), destacam que esse promissor paradigma é viabilizado a partir da integração de diversas tecnologias e soluções de comunicação, tais como redes de sensores e atuadores com e sem fio, protocolos de comunicação aprimorados (compartilhados com a Internet de última geração) e inteligência distribuída para objetos inteligentes e tecnologias de identificação e rastreamento.

Por conseguinte, Hermann, Pentek e Otto (2016) e Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) ressaltam que a IoT impelirá uma transformação nos modelos de negócios, que deverão estar aptos a gerenciar a complexidade de dados resultantes do aumento da funcionalidade, personalização, dinamismo e cooperação entre diferentes disciplinas e organizações. O uso exponencial da IoT promoverá rápidas e crescentes mudanças nos padrões de consumo e nos meios de produção, demandando, na mesma velocidade, soluções inteligentes que transformarão toda a cadeia de valor.

2.3.6 Segurança Cibernética

Carvalho (2011), explica que Segurança Cibernética é o termo que diz respeito à capacidade de proteger e garantir a utilização de ativos de informação estratégicos e suas infraestruturas críticas, no ambiente cibernético. Para Canongia e Mandarino Junior (2010), as infraestruturas críticas são instalações, serviços, bens e sistemas que, se forem violados, invadidos, degradados ou destruídos, provocarão graves impactos sociais, econômicos, políticos e ainda, conforme corroboram Schwab e Poujol (2018), influenciarão na qualidade dos produtos/serviços, no melhor cumprimento das regulamentações e requisitos legais e ainda na própria segurança física dos funcionários.

À medida que as transformações tecnológicas estão ganhando espaço no ambiente industrial, a segurança cibernética ganha maior destaque e importância nesse cenário digital. O Ciberespaço se apresenta como uma plataforma mundial não física, com limites indefiníveis e que pode ser acessada e manipulada por qualquer pessoa. Nessa dimensão é possível explorar informações por meio de sistemas interconectados e suas infraestruturas associadas. As diversas possibilidades de ataques tecnológicos e violações

aos sistemas impõem a configuração de estruturas nacionais e internacionais que permitam monitorar e resguardar a segurança cibernética (Canongia; Mandarin Junior, 2010; Leite, 2016).

Todas as tendências e inovações tecnológicas advindas com paradigma da I4.0, elevaram o grau de conectividade e aumentaram significativamente o uso de sistemas e redes de informação. Esses fatores elevam a dependência pelos sistemas inteligentes de informação que coletam, produzem e tratam dados ao longo da cadeia de valor (Vaidya; Ambad; Bhosle, 2018). Nesse sentido, a *Organisation For Economic Co-Operation and Development* (2008) recomenda que as estratégias em cibersegurança devem atender à proteção de valores da informação vital, essencial e confidencial contra ataques maliciosos, fundamentadas em nove princípios: 1) Sensibilização sobre riscos; 2) Responsabilidade; 3) Resposta – agir proativamente; 4) Ética; 5) Democracia; 6) Avaliação de Riscos; 7) Concepção; 8) Gestão da Segurança, e; 9) Reavaliação (Canongia; Mandarin Junior, 2010).

2.3.7 Nuvem

Zhao *et al.* (2009), explicam que o armazenamento em Nuvem concede recursos e serviços de armazenamento com base nos servidores de armazenamento remoto que utilizam os princípios da Computação em Nuvem. Em razão das muitas definições atribuídas à Computação em Nuvem, do inglês *Cloud Computing*, Vaquero *et al.* (2008) elaboraram um estudo em que compara mais de 20 diferentes definições de diversas fontes, a fim de chegar a um conceito que abarque as ideias centrais dessa tecnologia. A partir desse estudo, o autor infere que uma das principais características da Computação em Nuvem é a capacidade de obter e liberar recursos sob demanda, em tempo real, cujo foco é o deslocamento de toda a infraestrutura computacional para a rede, possibilitando a redução de custos de armazenamento.

Nesse sentido, Rüssmann *et al.* (2015), corroboram explicando que esse modo de operação resultará na melhoria das tecnologias de sistemas de produção, potencializando a sua performance e permitindo maior flexibilidade de reação às demandas. Leitão, Colombo e Karnouskos (2016) destacam que a pluralidade de recursos fornecidos pela

Nuvem, favorecem o provisionamento de recursos necessários para a implantação do paradigma da I4.0, uma vez que integra toda a infraestrutura industrial, além de armazenar dados e possibilitar a realização de análises de alto desempenho sobre ela.

Para Zhang, Cheng e Boutaba (2010), as Nuvens terceirizam o fornecimento da infraestrutura computacional necessária para hospedar serviços, aproveitando as tecnologias de virtualização em vários níveis para realizar o compartilhamento e o provisionamento dinâmico de recursos. A virtualização é uma tecnologia que abstrai os detalhes do hardware físico e fornece recursos virtualizados para aplicativos de alto nível. A ágil comunicação viabilizada nesse ambiente de Nuvem, transforma essas interações entre sistemas, anteriormente isolados, facilmente acessíveis através de uma variedade de dispositivos com conexões de Internet (Vaquero *et al.*, 2008).

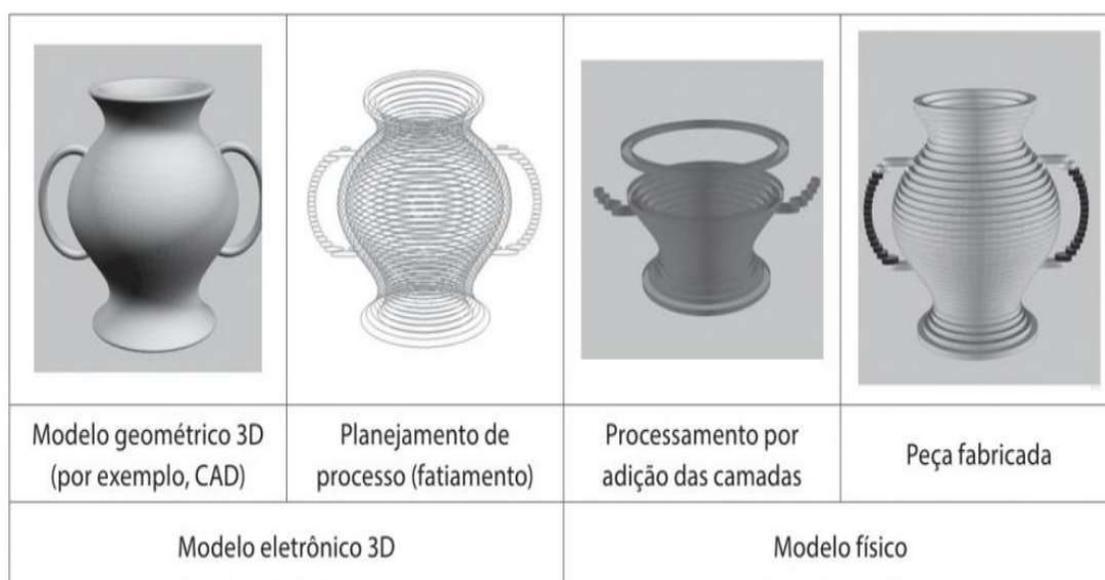
Apesar do potencial demonstrado e já amplamente utilizado no atual cenário de forte digitalização e conectividade, o armazenamento em Nuvem ainda traz grandes preocupações, especialmente no que diz respeito aos mecanismos de integração e operação em negócio e comércio, que impõem especificações e padrões unificados. Não obstante, é necessário priorizar a segurança e privacidade dos dados, além de mitigar os riscos que envolvem a alta dependência da rede e possíveis problemas de portabilidade entre camadas de Nuvens quando compartilhar os dados e conteúdos uns com os outros (Leitão; Colombo; Karnouskos, 2016; Zhang; Cheng; Boutaba, 2010).

2.3.8 Manufatura Aditiva

Conforme definem Volpato e Carvalho (2017), Manufatura Aditiva é um processo de fabricação pelo qual são produzidos objetos por meio da adição de camadas até o resultado final, a partir de dados retirados de uma representação geométrica computacional 3D do componente, ou seja, transforma projetos de modelos digitais em objetos reais, camada por camada. Nesse sentido, Haleem e Javaid (2019) concluem que essa tecnologia tem alto potencial de customização, além de reduzir o tempo e custo de produção dos produtos, se apresentando como uma solução de vários problemas no modelo de produção da I4.0 ao criar um modelo atualizado e competitivo para esse novo cenário, capaz de atender a diferentes desafios e oportunidades.

Butt (2020), destaca que uma das vantagens mais notáveis dessa tecnologia é a capacidade de fabricação de formas extremamente complexas que, em algumas situações, são impossíveis de serem fabricadas de outras maneiras. Essa prerrogativa é conferida em função desse processo de produção que inicia com um modelo 3D da peça que é desmembrada eletronicamente em uma sequência 2D de camadas mais simples, que determinam a adição de material ao longo do processo de fabricação, conforme representado na Figura 4.

Figura 4 - Representação das principais etapas do processo de Manufatura Aditiva



Fonte: Volpato e Carvalho (2017, p. 17).

Além disso, em razão das características de produção apresentadas, essa tecnologia otimiza o material utilizado na fabricação de produtos, reduzindo o desperdício de matéria-prima. Com a adoção da Manufatura Aditiva a matéria-prima é utilizada de forma eficiente, além de permitir que as sobras de material possam ser reutilizadas para construir a próxima peça, com processamento mínimo. Ou seja, esse modelo de fabricação possui potencial significativo para melhorar a sustentabilidade de produtos e tornar o processo de fabricação mais enxuto (Despeisse; Ford, 2015; Haleem; Javaid, 2019; Mehrpouya *et al.*, 2019).

2.3.9 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (AR) é a tecnologia que diz respeito à integração de informações ou elementos adicionais importantes, geradas por computador à vista direta de um ambiente já existente. Um usuário de AR é capaz de acessar e interagir com dados que tenham uma relação espacial com seu ambiente imediato combinado com interfaces gráficas, por meio da utilização, por exemplo, de óculos translúcidos, dispositivos portáteis, sistemas de visualização estacionários, óculos e lentes inteligentes, câmeras acopladas a um dispositivo computacional, conforme demonstrado na Figura 5 (Fraga-Lamas *et al.*, 2018; Paelke, 2014).

Figura 5 - Exemplo de exibição mista de vídeo.



Fonte: Fraga-Lamas *et al.* (2018, p. 13359).

Para Ustundag e Cevikcan (2017), uma função importante dessas interfaces gráficas é a possibilidade de permitir que os usuários interfiram diretamente nas representações visuais dos elementos usando comandos que aparecem na tela, podendo interagir com máquinas ou outros dispositivos, o que aperfeiçoa a percepção humana da realidade em razão da virtualização desses objetos e elementos aumentados. Paelke (2014), ressalta que

a evolução da tecnologia, especialmente no que se refere aos Smartphones, ampliaram o potencial de difusão de aplicativos de AR, que estão disponíveis para serem baixados nas plataformas de serviços de distribuição digital de aplicativos de dispositivos móveis.

Nessa perspectiva, Blanco-Novoa *et al.* (2018) e Rüssmann *et al.* (2015), ressaltam que a RA se destaca em ambientes industriais e fábricas inteligentes em função de suas características, que permitem a implementação de soluções customizadas para colaboração de humanos e máquinas, além da utilização de dispositivos mais amigáveis, a fim de promover uma melhor experiência na gestão da qualidade, otimização de processos e eficiência produtiva.

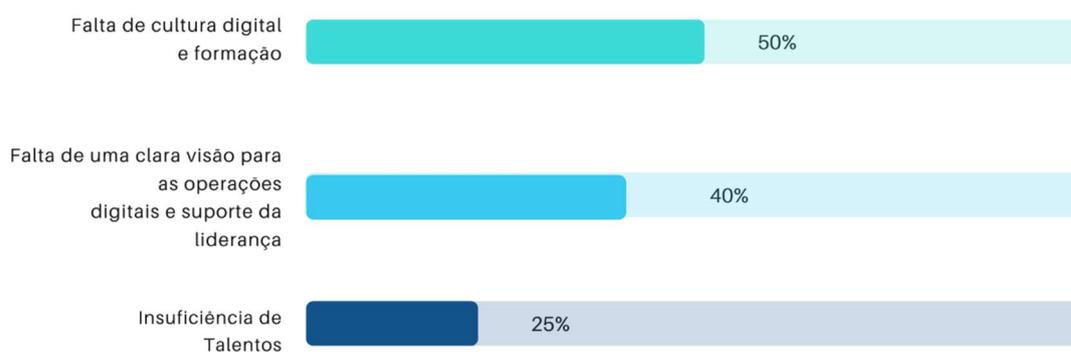
2.4 Qualificação e Habilidades para a Indústria 4.0

Diante desse cenário, com processos de produção altamente interligados e digitalizados, no qual a capacidade de inovação se torna o diferencial competitivo, face às constantes e rápidas mudanças nas expectativas e necessidades dos clientes, é imperativo, além do investimento em tecnologia, a adoção de novas estratégias de qualificação dos colaboradores que precisarão desenvolver competências e conhecimentos para assumir atividades mais estratégicas, coordenativas e criativas (Hecklau *et al.*, 2016). Mohelska e Sokolova (2018), destacam que grande parte dos estudos sobre a I4.0 se debruçam sobre os aspectos técnicos, sem considerar abordagens gerenciais e de cultura organizacional, segundo as quais são determinantes para concepção desse conceito.

Não obstante ao importante constructo teórico em torno do conceito de competência, esse estudo considerou a definição utilizada por Chulanova (2019), o qual classifica competência como um conjunto conhecimentos, habilidades, atitudes e valores necessários para o desempenho eficaz de uma determinada atividade. Ela envolve a capacidade de aplicar conhecimentos e habilidades de forma integrada para alcançar resultados desejados. No contexto da I4.0, as competências vão além das habilidades técnicas e incluem também competências socioemocionais, como pensamento crítico, criatividade, capacidade de adaptação, trabalho em equipe e habilidades de comunicação (Avitia-Carlos *et al.*, 2019).

Um dos grandes desafios a serem superados para implementação bem-sucedida da I4.0 é a formação adequada e treinamento da força de trabalho. Uma pesquisa realizada pela PwC (2016), entre novembro de 2015 e janeiro de 2016, intitulado “*Global Industry 4.0*”, onde foram entrevistadas cerca de 2.100 empresas do setor industrial em todo o mundo, indicaram que entre os desafios mais importantes a serem enfrentados estão: (1) Falta de cultura digital e formação; (2) Falta de uma visão clara para as operações digitais e suporte da liderança, e; (3) Insuficiência de Talentos, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6: Desafios para implementação da I4.0



Questão: Quais os principais desafios ou inibidores ao desenvolvimento de operações digitais na sua empresa?

Fonte: Adaptado de PwC (2016, p.17).

O estudo desenvolvido por Hartmann e Bovenschulte (2013) reconheceu que as habilidades necessárias para a I4.0 são numerosas e diversas, e que tecnologias similares ou até mesmo idênticas podem exigir competências humanas distintas, a depender do ambiente organizacional que estão sendo aplicados. Portanto, a análise das necessidades de competências deve levar em consideração os diferentes efeitos das mesmas tecnologias em diferentes setores. Kusmin, Tammets e Ley (2018) destacam que essas novas práticas orientadas para as tecnologias da I4.0 exigem habilidades e competências que ainda não são conhecidas ou ensinadas pelos sistemas educacionais e instituições de treinamento e recrutamento de hoje.

Aires, Moreira e Freire (2017), destacam que o perfil exigido aos trabalhadores foi sendo alterada a cada revolução industrial, saindo de um trabalho manual para um trabalho cada vez mais intelectual, o que obrigou as organizações a se preocuparem, progressivamente, com a formação dos seus colaboradores. Nesse sentido, Romero *et al.* (2016) explicam que a interação dos operadores com essas diferentes tecnologias de produção industrial e digital pode ser entendida como uma evolução geracional, a qual os autores definem cada geração de operadores conforme demonstrado na Figura 7.

Figura 7: Evolução das gerações de operadores



Fonte: Adaptado de Romero *et al.* (2016, p. 25).

Nesse contexto, as habilidades exigidas no sistema produtivo em razão da utilização dessas tecnologias em novas combinações demandam competências adicionais e conhecimentos mais profundos à futura força de trabalho, que precisará expandir sua proficiência em digitalização, robôs, computação técnica, simulação etc. As organizações precisarão adicionar ao seu planejamento de transformação tecnológica investimentos com treinamento de mão de obra e programas de desenvolvimento, a fim de garantir a qualificação da força de trabalho para utilização das novas ferramentas e tecnologias (Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018; Kusmin; Tammets; Ley, 2018).

Nesse sentido, Hecklau *et al.* (2016) destacam que para desenvolver uma força de trabalho que atenda às necessidades presentes e futuras do mercado é necessário a identificação das competências essenciais que atendam essas transformações tecnológicas

e na organização do trabalho. Atzori, Iera e Morabito (2010), corroboram ao evidenciar a necessidade de desenvolver um método de gestão de competências para educar e treinar os colaboradores, considerando as melhores práticas baseadas na experiência e ferramentas de TI.

Para Ghobakhloo (2018) e Hecklau *et al.* (2016), a gestão das competências impõem às organizações uma cuidadosa avaliação do conjunto de habilidades presentes em sua força de trabalho, reconhecendo as habilidades digitais entre os funcionários atuais, além de identificar as qualificações que os funcionários da empresa ainda não possuem. Destarte, ainda é necessário que o resultado dessa análise, ou seja, as competências identificadas, sejam classificados em grupos pré-definidos a fim de garantir maior clareza e transparência, permitindo, assim, a definição de níveis de conhecimento e indicação de áreas de melhoria.

A maioria dos autores identifica quatro categorias principais para classificar as competências, sendo elas: técnicas, metodológicas, sociais e pessoais. A definição das características de cada classificação está refletida no Quadro 1 com a respectiva identificação de alguns desses autores.

Quadro 1 - Classificação de competências I4.0 advindas da literatura.

Competências	Definição	Autores
Técnicas	Envolvem conhecimento de ponta, compreensão de processos, habilidades técnicas e todas as habilidades relacionados ao trabalho.	(Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018; Hecklau <i>et al.</i> , 2016; Imran; Kantola, 2019)
Metodológicas	Incluem todas as habilidades e capacidade para resolução de problemas gerais e tomada de decisão. Além disso, esse conceito envolve criatividade, pensamento empreendedor, habilidades analíticas, habilidades de pesquisa e orientação para a eficiência.	
Sociais	Abrangem atitudes de cooperação e comunicação, além de habilidades interculturais e linguísticas, capacidade de trabalhar em equipe, capacidade de comprometimento, capacidade de transferir conhecimento e habilidades de liderança.	
Pessoais	Compreendem valores sociais, motivações individuais, flexibilidade, tolerância à ambiguidade, motivação para aprender, capacidade de trabalhar sob pressão e mentalidade sustentável.	

Fonte: : Elaborado pela autora, com base na literatura (2023).

Para Erol *et al.* (2016), as competências da força de trabalho para produção futura são classificadas a partir da sua relação com algum tipo de tarefa e à capacidade de cumprir essa tarefa. Nesse sentido, o autor definiu essas competências da seguinte forma: (1) Competências pessoais, que compreendem o agir de forma reflexiva e autônoma; (2) Competências sociais/interpessoais, que envolvem a capacidade de comunicação e cooperação e de estabelecer conexões com outros indivíduos e grupos; (3) Competências relacionadas à ação, que diz respeito à concretização das ideias individuais ou socialmente construídas, além da capacidade de transformação de planos em realidade com sucesso os planos em realidade; e (4) Competências relacionadas ao domínio, que referem-se capacidade de acessar e usar o conhecimento do domínio para um trabalho ou uma tarefa específica.

Chulanova (2019), em um estudo realizado na Austrália sobre o impacto da I4.0 nos funcionários, identificou que as competências individuais mais importantes são: habilidades técnicas, resolução de problemas, habilidades de codificação, habilidades analíticas e capacidade de trabalhar sob pressão.

Jerman, Bach e Bertoneclj (2018), desenvolveram um estudo no qual revisaram o tema das competências que estarão presentes nas fábricas inteligentes da I4.0, por meio de uma análise bibliométrica e mineração de tópicos em 43 artigos de revistas e artigos de conferências. Os resultados do estudo indicaram as competências futuras necessárias, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 - A classificação das competências.

Competências Técnicas	Competências Metodológicas	Competências Sociais	Competências Pessoais
Entendimento sobre a segurança de TI.	Criatividade.	Competência de visão geral, competência de integração.	Compromisso com a aprendizagem ao longo da vida.
Recurso de codificação.	Solução de Problemas.	Capacidade de liderar	Flexibilidade pessoal.
Entendimento de processos.	Criatividade para resolver problemas.	Capacidade de comunicação eficaz em situações complexas.	Motivação para aprender.
Capacidades técnicas.	Resolução de Conflitos.	Competência de Rede.	Adaptabilidade.
Compreendendo as analogias do funcionamento das novas tecnologias.	Capacidade de atuar como mediadores em processos de tomada de decisão.	Capacidade de participar e trabalhar em equipe.	Capacidade de trabalhar em situações estressantes.

Fonte: Adaptado de Jerman, Bach e Bertoneclj (2018, p. 9).

Quadro 2 - A classificação das competências (continuação).

Competências Técnicas	Competências Metodológicas	Competências Sociais	Competências Pessoais
	Habilidades de pesquisa.	Capacidade de transferir conhecimento para os outros.	A determinação bem-sucedida entre informações importantes e menos importantes.

Fonte: Adaptado de Jerman, Bach e Bertoneclj (2018, p. 9).

As novas habilidades exigidas em razão das mudanças dos modelos de negócios resultarão em uma grande ruptura na gestão dos recursos humanos das organizações, haja vista que essas novas práticas orientadas para a tecnologia ainda não compõem a base metodológica das instituições educacionais de hoje e, até mesmo, nem são totalmente conhecidas, já que as mudanças são constantes e dinâmicas. Novas categorias de empregos surgirão, substituindo parcial ou totalmente outras, o que desafiará substancialmente a atual forma como as organizações realizam o recrutamento, treinamento e gestão de talentos. O impacto dessas mudanças disruptivas no emprego aumentam a possibilidade de desemprego simultâneo e escassez de mão de obra qualificada (Kusmin; Tammets; Ley, 2018; Shevyakova *et al.*, 2021; World Economic Forum, 2016).

Kusmin, Tammets e Ley (2018), ressaltam que as dificuldades de recrutamento de mão de obra qualificada estão relacionadas, dentre várias outras razões, à considerável diferença entre o que é oferecido pelo sistema educacional e o que o mercado de trabalho realmente precisa. O Relatório elaborado pelo *World Economic Forum* (2016), evidencia que os esforços destinados a preencher lacunas de habilidades precisam partir de uma estreita colaboração de empresas e governos, em uma ação direcionada para gerenciamento da transição da força de trabalho para I4.0.

Karre *et al.* (2017), também apresentaram contribuições nessa área quando elaboram uma lista de competências e habilidades dos funcionários da I4.0, as quais os autores estruturaram em competências técnicas e pessoais que o trabalhador “deve ter”, “deveria ter” e “poderia ter”, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação das Habilidades e Qualificações Exigidas.

	DEVE TER	DEVERIA TER	PODERIA TER
Competências Técnicas	Conhecimentos e habilidades de TI; Processamento e análise de dados e informação; Conhecimento estatístico; Conhecimento organizacional e processual; Habilidade de interação com interfaces modernas.	Gerenciamento do Conhecimento; Interdisciplinaridade/ Conhecimento genérico sobre tecnologias; Consciência para segurança e proteção de dados; Conhecimento especializado em atividades e processos de manufatura.	Habilidades de Codificação e Programação Computacional; Conhecimento especializado sobre tecnologias; Consciência sobre ergonomia; Compreensão dos assuntos legais.
Competências Pessoais	Gerenciamento do tempo; Adaptabilidade/ Habilidade em mudar; Habilidade de trabalhar em equipe; Habilidade Social; Habilidade de Comunicação.	Acreditar em novas tecnologias; Melhoria Contínua e Aprendizado ao longo da vida.	-

Fonte: Adaptado Karre *et al.* (2017, p. 209).

O Relatório *The Future of Jobs* (WEF, 2016) destacou a necessidade de realizar mudanças mais amplas e de longo prazo nos sistemas de educação básica e ao longo da vida, além de evidenciar a necessidade de empreender esforços de requalificação específicos, urgentes e focados em cada setor. Nesse sentido, o estudo concluiu que existem quatro áreas com implicações de curto prazo e três que são críticas para o longo prazo, organizados no Quadro 4.

Quadro 4 - Recomendações para Ação.

Foco imediato	Reinventando a Função de RH	Requer a adaptação proativa ao novo cenário de talentos, gerenciando a interrupção de habilidades como uma preocupação urgente.
	Fazendo uso de análise de dados	Sugere que empresas e instituições implementem uma nova abordagem para o planejamento da força de trabalho e gestão de talento, com base em dados de previsão e métricas.
	Diversidade de talentos	Possibilitar uma abordagem que incentive a diversidade de força de trabalho, permitindo que as empresas se adaptem e prosperem em um mercado em mudança.
	Alavancando arranjos de trabalho flexíveis e plataformas de talentos online	As empresas precisam ser ágeis na maneira como pensam sobre o gerenciamento e organização do trabalho das pessoas e sobre a força de trabalho como um todo, pois se conectarão cada vez mais com freelancers e profissionais independentes por meio de plataformas de talentos digitais.

Fonte: Elaborado pela autora, baseada em *World Economic Forum* (2016).

Quadro 4 - Recomendações para Ação (continuação).

Foco a longo prazo	Repensando os sistemas educacionais	Impõe esforços para reforma do sistema educacional existente, que estão impedindo o progresso nas questões atuais de talento e mercado de trabalho. O desafio é preparar o currículo do século 21, equipando os alunos de hoje para atender às necessidades de habilidades futuras.
	Incentivar a aprendizagem ao longo da vida	Promoção da requalificação total da mão de obra envelhecida e implementação iniciativa que motivem a força de trabalho a se reciclar ao longo da vida.
	Colaboração interprofissional e público-privada	Desenvolvimento de parcerias e colaborações multissetoriais, para alavancar a expertise de cada parceiro de forma complementar, a fim de produzir soluções escaláveis para desafios de empregos e habilidades.

Fonte: Elaborado pela autora, baseada em *World Economic Forum* (2016).

2.5 Indústria 4.0 na Administração Pública

A convergência de tecnologias da I4.0 tem o potencial de auxiliar os governos a melhorar a eficiência no uso dos recursos, dão condições para desenvolver *accountability*, promovendo o controle institucional das atividades governamentais por meio da transparência e da qualidade da prestação de contas. A implementação de tecnologias avançadas permite que as organizações tomem decisões amparadas nos dados produzidos por meio da análise de *big data* para resolver desafios de forma eficaz. Nesse sentido, a qualificação da mão de obra para esse cenário digital é fundamental para atingir as metas estratégicas organizacionais e um nível mais alto de desempenho no setor público (Al Amiri; Abu Shawali, 2021; Long *et al.*, 2021).

No entanto, o setor público muitas vezes enfrenta desafios relacionados ao modelo burocrático tradicional, que pode interferir na introdução das tecnologias da I4.0, especialmente no que diz respeito à estrutura hierárquica rígida, com tomadas de decisão centralizadas, além de regras e procedimentos que podem dificultar a flexibilidade necessária para adotar tecnologias disruptivas. A introdução da I4.0 muitas vezes requer agilidade e capacidade de adaptação, o que pode entrar em conflito com a rigidez burocrática (OECD, 2018; Stern *et al.*, 2018)

A ideia de Governo Digital surge a partir das novas oportunidades trazidas pela Quarta Revolução Industrial, que transformam a maneira como os governos fazem uso das tecnologias para melhorar efetivamente a gestão pública, bem como para criar valor à prestação de serviços à sociedade. A digitalização da administração pública apresenta

um enorme potencial de melhoria do relacionamento do cidadão com o governo, além de possibilitar a otimização da força de trabalho que deixará de fazer atividades repetitivas, tal como acontece no setor privado (Stern *et al.*, 2018).

O emprego das Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs nas organizações públicas, fundamentadas em computador, *softwares* e rede, já não são novidades, mas a fusão dessas tecnologias está causando rupturas global e nacionalmente, que exigem dessas instituições novos padrões profissionais que atendam a velocidade e amplitude das inovações que estão ocorrendo. A utilização colaborativa dessas tecnologias é capaz de fornecer experiências transformadoras de entrega de serviços públicos aos cidadãos. O paradigma da I4.0, projeta uma nova face dos governos do futuro, realinhando os processos de prestação de serviço público de acordo com as necessidades pessoais e contextuais dos cidadãos (Malhotra; Anand; Soni, 2020; Schwab, 2019).

Para Stern *et al.* (2018), as novas tecnologias vão requerer novas habilidades profissionais, novas profissões surgirão e necessitarão de profissionais, enquanto outras serão extintas. Assim é necessária a participação do governo para alocar o capital humano adequadamente e o estimular a se qualificar para isso. Os departamentos de gestão de recursos humanos das organizações públicas necessitarão adaptar-se às exigências decorrentes dos avanços associados à I4.0, entendendo que algumas habilidades se tornaram obsoletas, enquanto outras habilidades, especialmente aquelas relacionadas à inovação digital, surgiram.

O estudo desenvolvido pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE (2018) demonstrou que no setor público brasileiro as pessoas são insuficientemente qualificadas na análise de dados e há falta de pessoal para implementar as políticas delineadas na Estratégia de Governança Digital. As competências digitais ainda são vistas como uma habilidade técnica e não como uma competência estratégica fundamental para a maioria dos perfis profissionais.

As autoridades públicas, normalmente, interagem com um grande número de dados e as informações estão disponíveis em diferentes formatos, podendo ser publicadas e manipuladas facilmente. Portanto, é essencial que os servidores públicos possuam a habilidade de realizar a análise adequada dos dados e informações gerados, a fim de transformá-los em conhecimento útil para a tomada de decisão (Fredriksson *et al.*, 2017). Além disso, como a sociedade atual está sendo tecnologicamente orientada, é necessário

que os servidores públicos tenham, no mínimo, habilidades básicas de TIC em pacotes de informática, internet e outras tecnologias emergentes para adequar-se a esse novo cenário de serviços digitais (Van Laar *et al.*, 2020).

Knies *et al.* (2015), ressaltam que o setor privado concentra, predominantemente, os trabalhos que examinam a relação entre as práticas de Recursos Humanos - RH e o desempenho organizacional. A falta de pesquisas realizadas em organizações públicas reforça o paradigma cultural que rotula esse setor como um prestador de serviço ineficiente e ineficaz, além de sugerir que melhorar o desempenho organizacional do governo não possui importância estratégica dentro de suas políticas.

A digitalização das interações dos serviços no setor público é um desafio complexo que requer coordenação entre os diferentes níveis de governo. Todavia, as organizações públicas têm sido submetidas a regimes financeiros progressivamente mais rígidos, além do aumento das forças competitivas de mercado e do maior controle da sociedade quanto ao emprego dos recursos públicos. Esse cenário, impõe a substituição das características tradicionais da gestão por técnicas mais eficientes, que demonstrem à sociedade a efetividade das ações do governo. Portanto, é importante que as práticas de RH atuem de forma a potencializar o desempenho individual e organizacional em instituições do setor público (Knies *et al.*, 2015; Stern *et al.*, 2018).

Nessa conjuntura, Van Laar *et al.* (2020) identificaram os determinantes das habilidades do século XXI e das habilidades digitais do século XXI, as quais estão demonstradas no Quadro 5.

Quadro 5 – Habilidades (Digitais) do Século XXI.

Habilidades do Século XXI	Habilidades Técnicas	Os funcionários devem ser fluentes nas habilidades e linguagens das tecnologias em constante mudança.
	Habilidades de Informação	Os funcionários devem ser capazes de pesquisar, avaliar e organizar informações, muitas vezes provenientes de múltiplas fontes.
	Habilidades de comunicação	Os funcionários devem ser capazes de transmitir informações, garantindo que os significados sejam efetivamente expressos levando em consideração o público e o meio.
	Habilidades de colaboração	Os funcionários devem ser capazes de colaborar, e ter a compreensão clara de seus próprios papéis e os de seus parceiros colaboradores.
	Habilidades de pensamento crítico	Os funcionários devem ser capazes de pensar reflexivamente e julgar a habilidade de forma completa, de modo a decidir qual informação ou comunicação é relevante em um determinado contexto.

Fonte: Elaborado pela autora, baseada em Van Laar *et al.* (2020).

Quadro 5 – Habilidades (Digitais) do Século XXI (continuação).

Habilidades do Século XXI	Habilidades de criatividade	Os funcionários devem ser capazes de produzir ideias novas e úteis sobre produtos, serviços ou processos complexos.
	Habilidades para resolver problemas	Os funcionários devem ser capazes de lidar efetivamente com situações complexas e não rotineiras, identificando as ações necessárias para resolver problemas específicos.
Habilidades digitais do Século XXI	Habilidades digitais de informação	Os funcionários devem ser capazes de buscar, avaliar e organizar a informação em ambientes digitais, além de distribuir e manter informações em dispositivos digitais utilizados no desempenho das suas atividades.
	Habilidades de comunicação digital	Os funcionários devem ser capazes de se comunicar de forma adequada e eficaz usando e-mail, sites de redes sociais e serviços de mensagens instantâneas.
	Habilidades digitais de colaboração	Os funcionários devem ser capazes de trabalhar juntos em documentos e projetos compartilhados além das restrições de tempo e lugar.
	Habilidades digitais de pensamento crítico	Os funcionários devem ser capazes de induzir a reflexão crítica sobre os pontos que estão sendo discutidos online e fornecer argumentos sustentados que orientem essas discussões.
	Habilidades digitais criativas	Os funcionários devem ser capazes de produzir e compartilhar conteúdo de novas maneiras, desenvolvidos a partir de vários conceitos, experiências e ideias de design.
	Habilidades digitais de resolução de problemas	Os funcionários devem ser capazes de identificar os problemas e definir as melhores soluções que podem estar disponíveis on-line. É necessário ainda, que ter habilidade para utilizar as TIC para acessar e conectar informações e, assim, resolver problema.

Fonte: Elaborado pela autora, baseada em Van Laar *et al.* (2020).

As rápidas transformações requerem equipes ágeis e interdisciplinares, capazes de adaptar-se às mudanças, a fim de conduzir a instituição para níveis superiores de eficiência. Para garantir e manter uma força de trabalho agindo eficientemente, no que se refere ao desenvolvimento de habilidades e competências, é necessário engajá-las antes da implementação das estratégias da I4.0, avaliando a percepção dos trabalhadores em empreender essas mudanças e adaptar-se à quarta revolução industrial (Chulanova, 2019; Grzelczak; Kosacka; Werner-Lewandowska, 2017; Stern *et al.*, 2018).

Assim, o primeiro passo a ser considerado é a prontidão dos recursos humanos à I4.0, identificando as habilidades que já compõem a equipe de trabalho e quais competências individuais necessitam ser desenvolvidas. Além disso, é imperativo que os trabalhadores tenham oportunidades de capacitação por meio de treinamento e políticas de educação continuada nos ambientes que estão inseridos e a partir de iniciativas governamentais, de médio e longo prazo, que potencializem a formação de capital humano qualificado que corresponda ao novo padrão profissional exigido pelo mercado (Avitia-Carlos *et al.*, 2019; Haleem; Javaid, 2019).

A partir da análise da literatura, foi possível identificar sete dimensões que deverão ser analisadas ao se avaliar os padrões profissionais para I4.0, conforme apresentado do Quadro 6.

Quadro 6 – Dimensões para avaliação da adaptação do perfil profissional à I4.0.

Dimensão	Objetivo	Variáveis	Base Teórica
1. Reconhecimento do Capital Humano	Identificar as necessidades de conhecimento e habilidades no âmbito das atividades desenvolvidas	-Percepção de capacitação e qualificação presentes e almejadas; -Exigências de capacitação técnica do cargo; -Lacunas de capital humano especializado.	(Antosz, 2018; Chulanova, 2019; Hecklau <i>et al.</i> , 2016; Imran; Kantola, 2019; Jerman; Bach; Bz, 2018)
2. Educação, Aprendizagem e Conhecimento	Verificar o nível de formação e qualificação da força de trabalho	-Formação Acadêmica; - Especialização e Atualização Curricular; -Cursos Técnicos e Profissionalizantes; - Programas de Reciclagem e Requalificação; - Existência de programas de compartilhamento de experiências e colaboração.	(Arun; Krishnakumar; Das, 2020; Avitia-Carlos <i>et al.</i> , 2019; Chulanova, 2019; Hecklau <i>et al.</i> , 2016)
3. Cultura Digital	Identificar qual a dimensão de interação das atividades com sistemas e máquinas e a adesão do capital humano à digitalização dos processos	- Quantidade de sistemas utilizados na execução das atividades; - Nível de domínio das atividades em sistemas de informação; -Conhecimento e domínio das TICs; -Acesso à Internet, máquinas, equipamentos adequados.	(Mohelska; Sokolova, 2018; Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018)

Fonte: Elaborado pela autora, com base na literatura (2023).

Quadro 6 – Dimensões para avaliação da adaptação do perfil profissional à I4.0 (continuação).

Dimensão	Objetivo	Variáveis	Base Teórica
4. Apoio da Liderança	Avaliar o compromisso da alta administração em implementar políticas de incentivo à qualificação e investimento em inovação	-Programas de treinamento em competências digitais; - Política claramente definida e Planejamento de longo médio e longo prazo; -Iniciativa para difusão do conhecimento sobre como as tecnologias exponenciais funcionam e qual sua importância para gestão; -Apoio às soluções inovadoras e adesão de novas tecnologias.	(Chulanova, 2019; Mohelska; Sokolova, 2018)
5. Formação de Equipes Multidisciplinares e Educação Corporativa	Avaliar a capacidade de interação com diferentes áreas do conhecimento e desenvolvimento de múltiplas aptidões, cooperação para o desenvolvimento de competências coletivas e capacidade de transferência de conhecimentos e habilidades desenvolvidas nas atividades desempenhadas.	-Programas interdisciplinares de treinamento; -Existência de manuais de procedimento.	(Chulanova, 2019; CNI, 2017; Karre <i>et al.</i> , 2017)
6. Atitudes Comportamentais	Avaliar a percepção dos funcionários em relação as atitudes comportamentais necessárias à I4.0.	-Flexibilidade; -Tomada de decisão; -Autoaprendizagem; -Criatividade; -Pensamento Crítico; -Agir sob pressão; -Trabalho em equipe; -Comunicação; -Adaptabilidade.	(Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018; Hecklau <i>et al.</i> , 2016; Imran; Kantola, 2019; Jerman; Bach; Bertoneclj, 2018; Karre <i>et al.</i> , 2017; Van Laar <i>et al.</i> , 2020)

Fonte: Elaborado pela autora, com base na literatura (2023).

Quadro 6 – Dimensões para avaliação da adaptação do perfil profissional à I4.0 (continuação).

Dimensão	Objetivo	Variáveis	Base Teórica
7. Colaboração Externa em Tópicos da Indústria 4.0	Avaliar se a organização está envolvida em parcerias com outras entidades para promover a adoção da I4.0.	-Iniciativas de <i>Benchmarking</i> ; - Parcerias com outras entidades externas à instituição para desenvolvimento de tecnologias e inovação; -Existência de parcerias público-privadas para financiamento de estudos, capacitação ou investimento em crescimento tecnológico.	(Chulanova, 2019; Hecklau <i>et al.</i> , 2016)

Fonte: Elaborado pela autora, com base na literatura (2023).

O resultado da análise de competências necessárias à I4.0 demonstra que, além da necessidade de conhecimento técnico, que envolve tecnologia da informação, digitalização, processamento e análise de dados, também é necessário que os trabalhadores possuam capacidade de resolução de problemas, responsabilidade pessoal na tomada de decisões, capacidade de coordenação de processos de trabalho complexos e capacidade de trabalhar sob pressão.

Nesse sentido, o resultado apresentado no Quadro 6 pode ser entendido como um roteiro estratégico das etapas comuns, o qual os gestores atuais podem considerar em sua busca pela transição e adaptação da força de trabalho à I4.0, atentando às diferentes configurações de cada ambiente de trabalho, de modo a evitar generalizações, já que a análise dos padrões profissionais almejados podem variar de acordo com as características e necessidades específicas de cada organização pública, bem como com os objetivos e prioridades estabelecidos (Hartmann; Bovenschulte, 2013).

Além disso, as especificidades presentes no ambiente de trabalho afetam diretamente o conjunto de competências que os profissionais devem possuir. Por exemplo, em um contexto governamental, os servidores públicos podem precisar desenvolver competências específicas relacionadas à gestão de políticas públicas, colaboração interinstitucional, prestação de serviços públicos e prestação de contas aos cidadãos. Essas competências são moldadas pelas particularidades do setor público e das demandas do serviço público.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

O presente estudo abordou os padrões profissionais como fator de adaptação dos recursos humanos à I4.0, com enfoque para o desenvolvimento e implementação na Administração Pública, de modo que este capítulo descreverá os procedimentos metodológicos que orientaram o desenvolvimento da pesquisa.

Barreto e Honorato (1998), apontam que os procedimentos metodológicos são o conjunto detalhado e sequencial de métodos e técnicas científicas desenvolvidos ao longo da pesquisa, a fim de atingir os objetivos inicialmente propostos com maior rapidez, eficácia, confiabilidade de informação e, ainda, com menor custo. Minayo (2012), destaca a essencialidade da construção de um percurso metodológico em assentimento com a realidade investigada, haja vista que o conhecimento científico é formado a partir da articulação entre teoria e experiências vividas.

De Pádua (2019), evidencia que os procedimentos não podem ser definidos como instrumentos meramente formais, que não possuem relação com um referencial teórico que os contextualize com o todo, uma vez que são essas técnicas que permitem o desenvolvimento da pesquisa nas diferentes etapas do processo, produzindo um conhecimento sobre a realidade. Corroborando, Metzker (2011) aponta que as técnicas não são neutras, tampouco aleatórias. A seleção, construção e combinação são realizadas de modo a cumprir os propósitos da pesquisa, razão pela qual sua escolha e utilização deve ser feita de maneira crítica.

Nesse sentido, as técnicas utilizadas nesse estudo foram definidas de acordo com a seguinte estrutura: natureza da pesquisa, objetivos da pesquisa, abordagem da pesquisa, procedimentos de pesquisa, métodos para coleta de dados, análise de dados e operacionalização da pesquisa.

3.1 Natureza da Pesquisa

A pesquisa pode ser classificada como básica ou aplicada, sendo que o objetivo dessa última é gerar saber para aplicação prática em situações específicas. Gray (2016), avalia que a pesquisa aplicada contribui para a compreensão de problemas pontuais da

organização, possibilitando que sejam elaboradas proposições de soluções e melhorias aos problemas organizacionais.

Nesse sentido, tendo em vista a sua natureza, a presente pesquisa é enquadrada como aplicada, uma vez que possui foco prático na obtenção de resultados específicos na esfera pública.

3.2 Objetivos da Pesquisa

No que se refere aos objetivos da pesquisa, este estudo tem caráter descritivo, pois realizou análises, observações, registros, classificações e interpretações de situações reais vivenciados da Administração Pública, sem que houvesse manipulação dos fenômenos estudados por parte da pesquisadora. Prodanov e Freitas (2013), enfatizam que a maioria das pesquisas desenvolvidas nas ciências humanas e sociais tem características descritivas, dada a preocupação dos pesquisadores dessa área com a atuação prática.

Ainda, as pesquisas descritivas utilizam, em geral, técnicas padronizadas de coleta de dados, agrupando informações e materiais de variadas fontes, permitindo ao pesquisador fazer uma análise dos dados em relação a um padrão ou, ainda, apresentar como as coisas se relacionam entre si (Gray, 2016; Prodanov; Freitas, 2013). Em vista disso, mais uma vez a caracterização da pesquisa se justifica, já que foram analisados os padrões profissionais para I4.0 estabelecidos na literatura, em contraponto à prontidão dos recursos humanos em órgãos das três esferas da administração pública, a partir da realização de coleta de dados.

3.3 Abordagem da Pesquisa

Sob o ponto de vista da abordagem, a pesquisa é definida como qualitativa, uma vez que foi realizado o levantamento de dados objetivos em estudo de caso, sem priorizar dados estatísticos como fato norteador de análise do fenômeno estudado, a fim de aprofundar a compreensão dos aspectos sociais da I4.0 para implementação na Administração Pública. Ademais, nessa abordagem, o contato com o ambiente e com o

objeto de estudo é intenso, sendo essa a fonte direta dos dados, cujo objetivo da pesquisa definiu a forma de coleta de dados utilizada (Minayo, 2012; Prodanov; Freitas, 2013).

Minayo (2012), ressalta que a matéria prima de pesquisas qualitativas são opiniões, crenças, valores, representações, relações e ações humanas e sociais. Diante disse, é importante empenhar esforços metodológicos que garantam a objetivação dos fenômenos observados, reduzindo a possibilidade de incorrer em subjetivismo, achismo e espontaneísmo. Nesse sentido, mais uma vez destaca-se a pesquisa qualitativa como percurso metodológico, visto que serviu para compreensão aprofundada de um conjunto de fenômenos humanos.

3.4 Procedimentos da Pesquisa

Considerando que a pesquisa teve abordagem qualitativa, os procedimentos metodológicos utilizados, em razão do objeto, foi o Estudo de Caso Múltiplo, haja vista que a pesquisa foi desenvolvida no âmbito de órgãos públicos pertencentes a cada uma das três esferas de governo. Dessa forma, foram entrevistados três gestores públicos, de três diferentes órgãos. Yin (2015), aponta que o estudo de caso pode ser caracterizado como único ou múltiplo, uma vez que pode ser restrito a uma ou a várias unidades. Para o autor, esse procedimento apresenta provas mais convincentes, sendo entendido como mais robusto. Todavia, exige mais tempo e recursos.

Para organizar um estudo de caso múltiplo, inicialmente é necessário definir a teoria ou caracterização do problema para, em seguida, apresentar os casos selecionados e definir os indicadores de análise. Além disso, o objetivo desse procedimento de pesquisa é conhecer de maneira mais profunda o como e o porquê de uma determinada situação singular, a fim de descobrir sua substancialidade e particularidades (Fonseca, 2012; Yin, 2015).

3.5 Métodos para coleta de dados

Partindo do pressuposto que a finalidade da etapa da coleta de dados é obter informações substanciais a respeito do objeto pesquisado, permitindo o progresso do

estudo, o presente trabalho lançou mão de duas técnicas para atingir esse resultado: documental e entrevista com roteiro semiestruturado (Fonseca, 2012).

Kripka, Scheller e Bonotto (2015), evidenciam que a pesquisa documental se traduz no exame de materiais de várias fontes as quais não passaram por análises ou que ainda podem ser reanalisadas, a fim de obter outras interpretações ou informações adicionais, de modo a trazer a compreensão de determinado fenômeno.

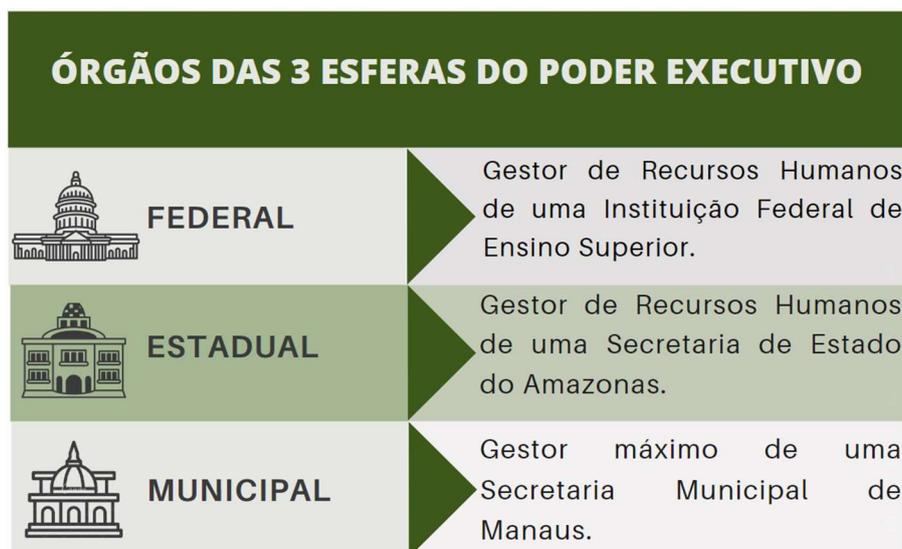
Nesse sentido, inicialmente, foi realizado um estudo documental nos sítios eletrônicos, nas legislações, manuais e outros documentos oficiais, no âmbito de cada órgão estudado, para identificar as diretrizes adotadas para adaptação dos recursos humanos às inovações trazidas pela I4.0, bem como as iniciativas voltadas para a inserção das tecnologias habilitadoras no ambiente organizacional.

Após a realização da pesquisa documental, o estudo aplicou a técnica de entrevistas com roteiro semiestruturado, com os gestores públicos, predominantemente da área de recursos humanos, de órgãos da esfera municipal, estadual e federal do Poder Executivo, reunindo dados orientados para competências e habilidades profissionais da força de trabalho de cada instituição, sob uma perspectiva presente e futura.

O roteiro de entrevista foi composto por dezessete questões e foi estruturado em sete dimensões, sob o prisma teórico abordado na revisão da literatura: 1. Reconhecimento do Capital Humano; 2. Educação, Aprendizagem e Conhecimento; 3. Cultura Digital; 4. Apoio da Liderança; 5. Formação de Equipes Multidisciplinares e Educação Corporativa; 6. Atitudes Comportamentais; e, 7. Colaboração Externa em Tópicos da Indústria 4.0.

Nesse tipo de entrevista, o pesquisador prepara um roteiro com um conjunto de questões acerca do objeto de estudo, todavia permite, inclusive incentiva, em certos momentos, que o entrevistado fale à vontade sobre assuntos que decorram do tema central. Dessa forma, espera-se compreender os anseios e perspectivas, bem como analisar as decisões e argumentos desses sujeitos (De Pádua, 2019; Gray, 2016). A Figura 8 apresenta os sujeitos entrevistados na presente pesquisa, os quais são considerados chaves no processo de investigação.

Figura 8 - Definições dos Sujeitos da Pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Em relação aos aspectos éticos da pesquisa, os entrevistados foram informados sobre o objetivo e a importância do estudo e se manifestaram sobre o interesse em contribuir e participar da entrevista. Após a anuência dos participantes, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, com o posterior recolhimento das assinaturas. Além disso, a fim de manter a confidencialidade, os sujeitos entrevistados foram denominados como E1, E2 e E3, de acordo com a ordem de realização das entrevistas.

3.6 Análise dos resultados

Bardin (2016) explica que a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de investigação de comunicações, cuja finalidade é transcender as incertezas e melhorar a leitura dos resultados obtidos, por meio de procedimentos sistemáticos e objetivos. A autora ressalta que, do ponto de vista da informação útil para o estudo, o que é levado em consideração nas análises em pesquisas qualitativas é a presença ou ausência de determinadas características ou conjunto de características de conteúdo em fragmentos da mensagem. Pode ser entendida como o tratamento das informações e análise dos significados.

Ainda, a análise documental pode ser definida como uma operação ou um conjunto delas, cujo objetivo é representar, de uma forma mais fácil da ulterior, o conteúdo de um documento. Tanto a análise de conteúdo, como a análise documental, apesar de apresentarem certas diferenças em relação a determinados procedimentos, na fase de tratamento de mensagens são semelhantes, uma vez que realizam o recorte da informação, com a devida divisão por categoria para posterior representação sob forma condensada por indexação (Bardin, 2016; Mozzato; Grzybovski, 2011).

Na análise de dados deste estudo, será utilizado o método de análise de conteúdo e análise documental, segundo proposto por Bardin (2016), a saber: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

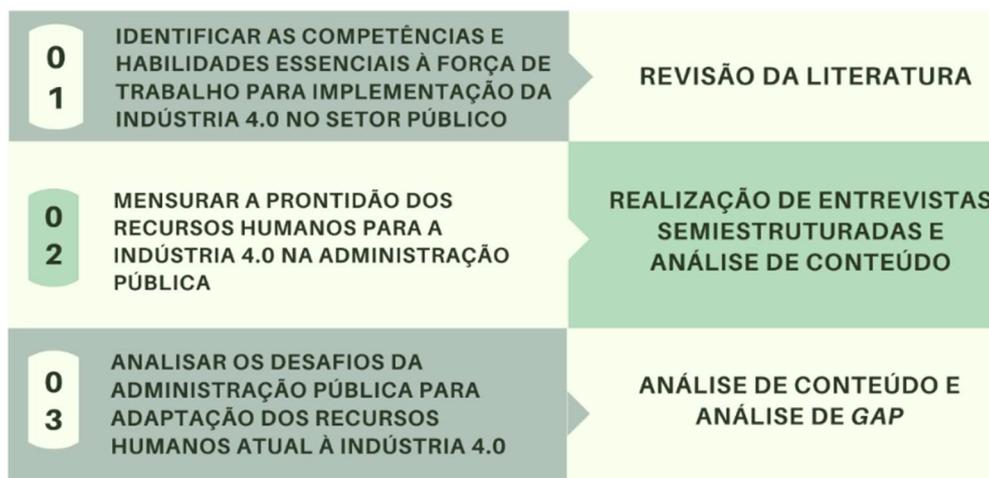
Nesse sentido, a análise documental está representada por quadros sintéticos, relacionando os achados da pesquisa, com base na literatura apresentada no referencial teórico, a fim de avaliar o estado da arte e a perspectiva de adaptação de recursos humanos à I4.0.

Por outro lado, para as entrevistas foi aplicada a metodologia de análise de conteúdo, na qual as entrevistas foram gravadas, com posterior transcrição do conteúdo e recorte dos trechos da mensagem que culminaram nas interpretações inferenciais. Ademais, foi realizada uma análise de *gap*, com o objetivo de realizar interpretações acerca da percepção atual dos recursos humanos relativamente ao padrão profissional almejado para a implantação da I4.0, identificando as deficiências, desafios, estratégias e oportunidades de melhoria diante dos resultados obtidos (Bardin, 2016; Mckenney; Handley, 2020).

3.7 Operacionalização da Pesquisa

Tendo em mente o objetivo geral desta pesquisa, a qual avaliou os padrões profissionais como fator de adaptação dos recursos humanos à I4.0, no contexto da Administração Pública, os procedimentos operacionais que deram suporte ao desenvolvimento do estudo, associados aos objetivos específicos, estão descritos na Figura 9.

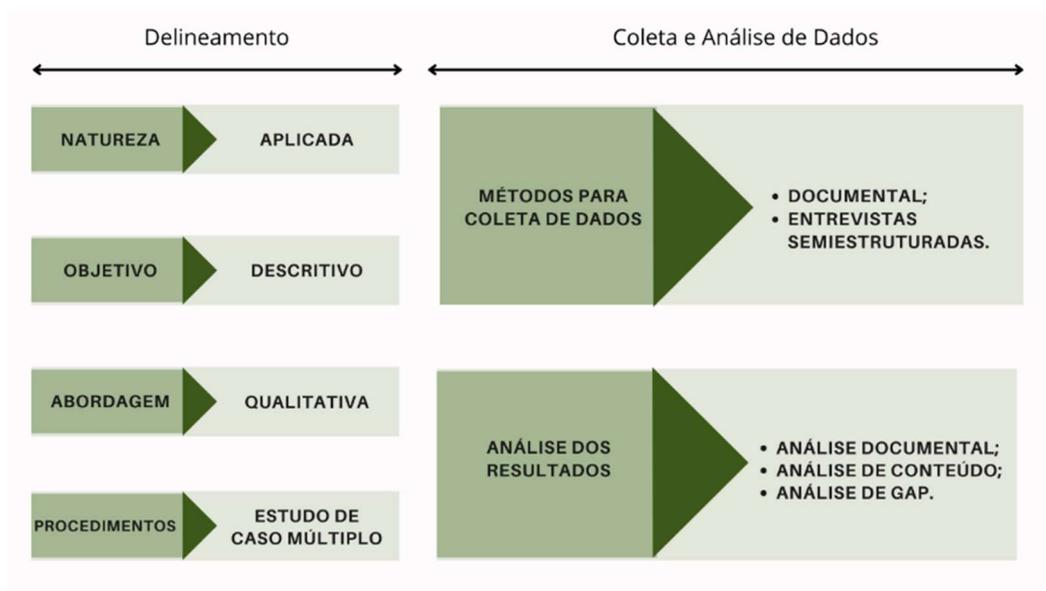
Figura 9 - Procedimentos operacionais associados aos objetivos da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Dessa forma, a Figura 10 apresenta, de maneira sucinta, a sequência dos procedimentos metodológicos aplicados nesta pesquisa.

Figura 10 - Operacionalização da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização dos locais objeto deste estudo

As citações e referências dos dados extraídos dos sítios eletrônicos, dos normativos e dos manuais não serão identificadas, a fim de manter a confidencialidade das Instituições investigadas, bem como dos servidores públicos entrevistados, uma vez que foi firmado o compromisso de identificar as instituições apenas como **Instituição 1** (esfera federal), **Instituição 2** (esfera estadual) e **Instituição 3** (esfera municipal).

Além disso, o TCLE apresentado aos entrevistados comprometeu-se a identificá-los apenas como E1, E2 e E3 (entrevistado 1, entrevistado 2 e entrevistado 3), com o propósito de evitar a exposição da identidade nominal do servidor público ou da instituição que contribuiu com esta pesquisa.

As subseções seguintes discorrem sobre a caracterização das Instituições objeto deste estudo.

4.1.1 Instituição 1 (Esfera Federal)

Esta unidade foi regulamentada, na atual estrutura, a partir da reestruturação administrativa trazida em uma Resolução de 2014. Cumpre destacar, que as atividades inerentes à gestão de recursos humanos já eram desenvolvidas no órgão, porém em outra configuração. A reestruturação realizada teve como objetivo suprir as necessidades de padronização dos níveis hierárquicos, bem como subsidiar a oferta de serviços aos servidores (ativos, inativos e pensionistas) e discentes com mais qualidade.

De acordo com o Estatuto e o Regimento Geral da Instituição, a unidade de gestão de pessoas é vinculada ao gestor executivo do órgão, a qual é responsável pela coordenação de áreas distintas da atividade universitária, com atribuições fixadas no Regimento da Administração Superior. A Figura 11 apresenta o posicionamento da unidade no Organograma da Instituição 1.

Figura 11 - Posicionamento da Unidade no Organograma Administrativo da Instituição 1.

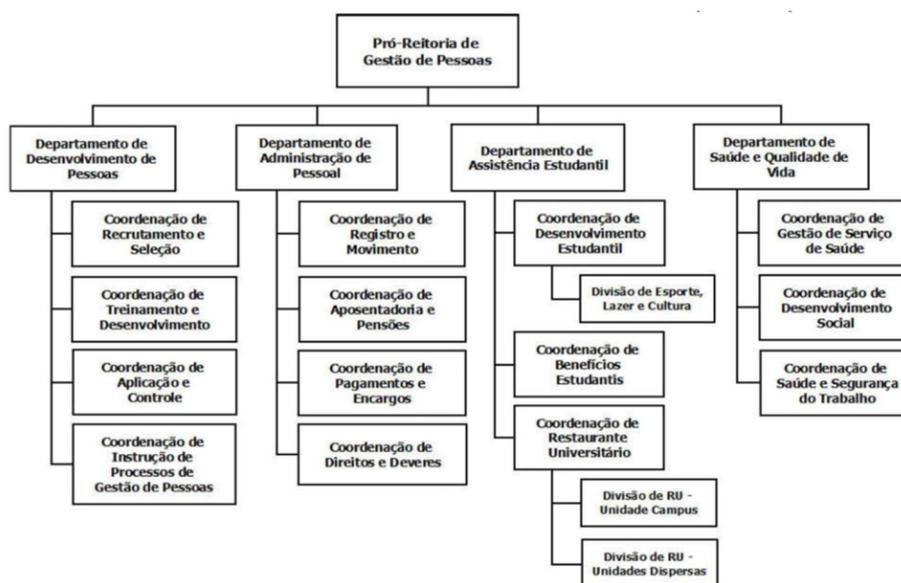


Fonte: Adaptado do Relatório de Gestão da Instituição 1 (2023).

Anualmente, a unidade elabora Relatório de Atividades, que compõe o Relatório de Gestão da Instituição, como forma de prestar contas de suas atividades ao Conselho de Administração e também aos Órgãos de Controle.

Conforme apresentado no sítio eletrônico da referida unidade, a sua estrutura funcional interna é composta por 4 (quatro) departamentos e 14 (catorze) coordenações, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Estrutura funcional da unidade de Gestão de Pessoas da Instituição 1.



Fonte: Sítio eletrônico da unidade de Gestão de Pessoas da Instituição 1 (2023).

Além disso, no sítio eletrônico oficial da Unidade, é informado que, embora não conste no organograma, o Subsistema Integrado de Atenção à Saúde do Servidor atua em parceria com a unidade de gestão de pessoas, em face da afinidade das atribuições. E, ainda, núcleos de acessibilidade também atuam interligados à atividade de gestão de pessoas, bem como uma assessoria técnica e uma coordenação de tradução.

Quanto ao quadro de servidores da Instituição 1, conforme dados compartilhados no Relatório de Gestão – 2022, o órgão dispõe em seu quadro de pessoal, atualmente, o total de 3.534 (três mil quinhentos e trinta e quatro) servidores ativos, aos quais a unidade de gestão de pessoas oferta seus serviços.

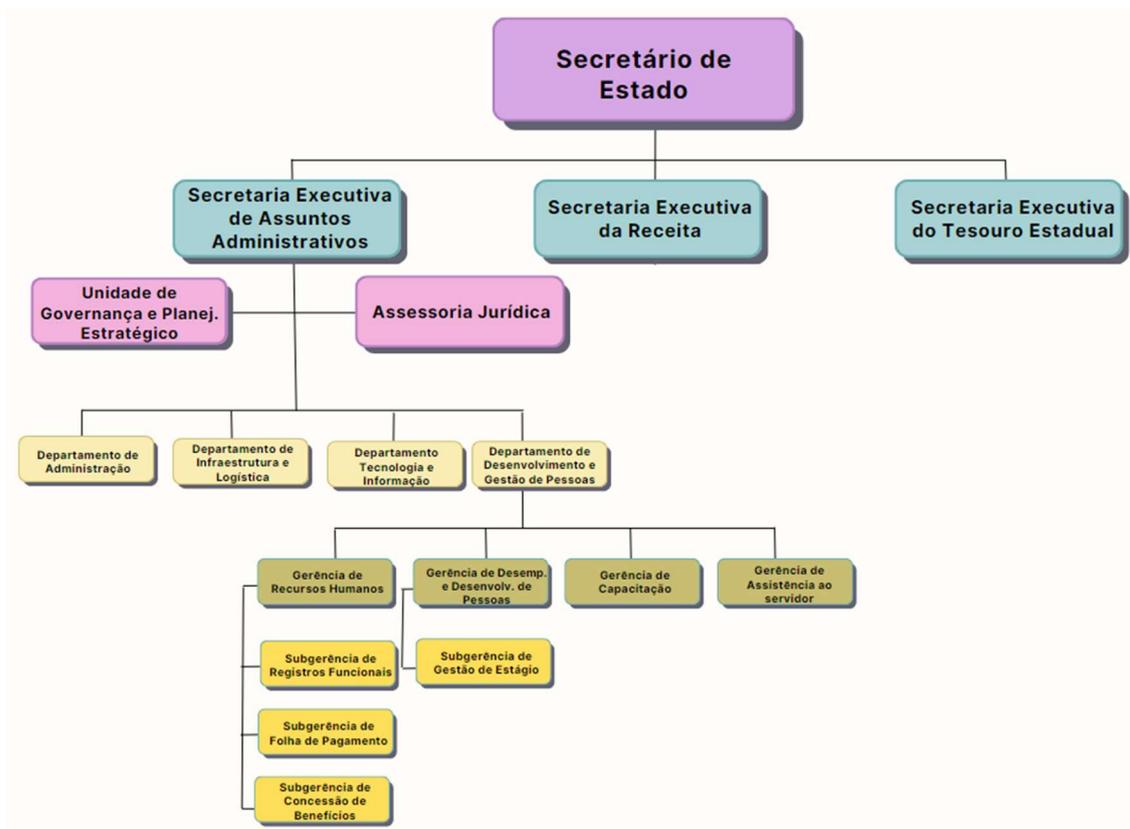
4.1.2 Instituição 2 (Esfera Estadual)

A Instituição 2, foi criada por uma lei estadual de maio de 1953, e é um órgão integrante da Administração Direta do Poder Executivo do Estado do Amazonas, tendo sua estrutura básica disposta em uma Lei Delegada de 2007.

De acordo com o Regimento Interno da Instituição 2, a unidade de gestão de pessoas está vinculada à Secretaria Executiva de Assuntos Administrativos, cuja finalidade é supervisionar a execução das atividades da Unidade de Governança e Planejamento Estratégico, da Assessoria Jurídica e dos Departamentos de Administração, de Desenvolvimento e Gestão de Pessoas, de Infraestrutura e Logística e de Tecnologia e Informação.

A estrutura funcional interna da unidade de gestão de pessoas investigada é composta por 4 (quatro) gerências e 4 (quatro) subgerências, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Estrutura funcional da unidade de Gestão de Pessoas da Instituição 2.



Fonte: Adaptado do Organograma da Instituição 2 (2023).

Quanto ao quadro de pessoal, a Instituição 2, conforme informações constantes no sítio eletrônico, atualmente, conta com 500 (quinhentos) servidores, entre estatutários e cargos comissionados, e 342 (trezentos e quarenta e dois) funcionários terceirizados. É importante ressaltar que as ações de capacitação são ofertadas a todo esse corpo técnico.

4.1.3 Instituição 3 (Esfera Municipal)

A Instituição 3 é integrante da Administração Direta do Poder Executivo Municipal. Em 2018, essa Instituição passou por uma reestruturação organizacional, por meio da edição de uma Lei Municipal, passando a atuar na configuração que se apresenta na Figura 14.

Figura 14 - Organização funcional da Instituição 3.



Fonte: Adaptado da Lei Municipal de reestruturação da Instituição 3 (2023).

Conforme informação constante no sítio oficial, a Instituição 3 tem a função de planejar, coordenar, articular e implementar políticas de trabalho, empreendedorismo e inovação que busquem a promoção e o desenvolvimento social, o pleno acesso ao emprego e à renda e a qualificação profissional, a fim de que se ampliem as oportunidades do trabalhador no mercado de trabalho, interações com instituições públicas e privadas, entidades do terceiro setor e outros segmentos da sociedade.

A Instituição 3 também é responsável por gerenciar um Fundo Municipal de Empreendedorismo e Inovação e, também, um Fundo Municipal do Trabalho.

Quanto aos recursos humanos disponíveis na Instituição 3, não foi possível obter informações disponíveis no sítio eletrônico da referida instituição.

4.2 Levantamento e análise documental

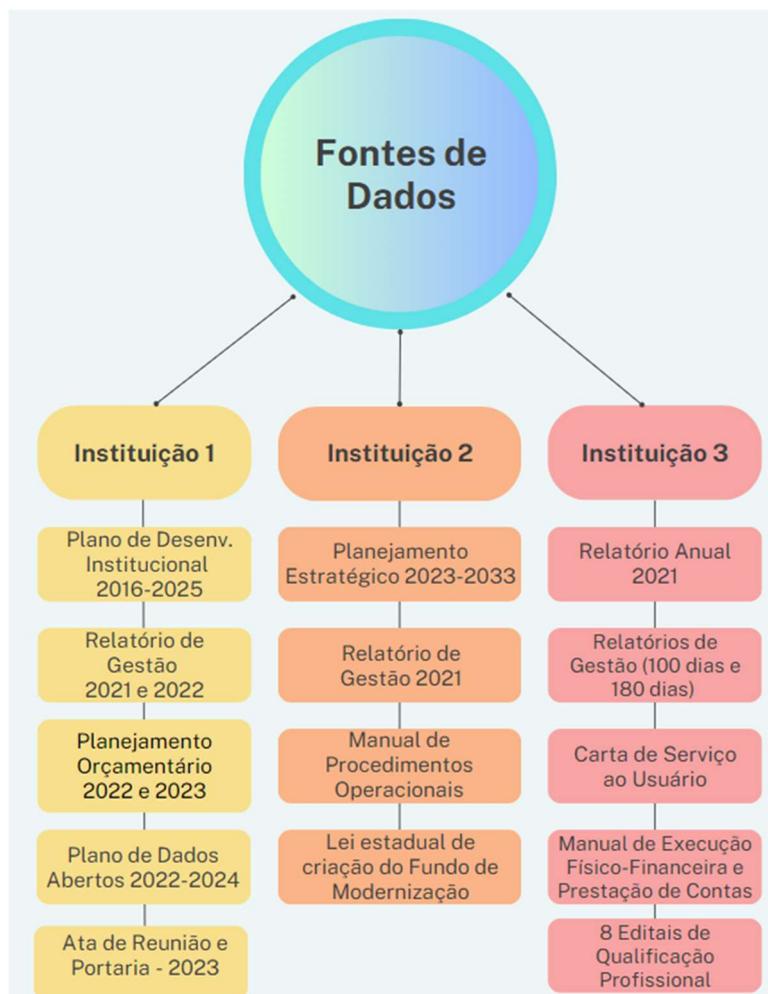
A análise documental realizada nesta etapa da pesquisa, buscou identificar as diretrizes adotadas pelas Instituições analisadas para adaptação dos recursos humanos às inovações trazidas pela I4.0, bem como as iniciativas voltadas para a inserção das tecnologias habilitadoras no serviço público.

Nesse sentido, foi realizado um levantamento nos sítios eletrônicos, a fim de localizar as legislações, manuais, relatórios de gestão e outros documentos, no âmbito de cada órgão estudado, tendo em vista o que preceitua a Lei de Acesso à Informação e, ainda, o princípio constitucional da publicidade, a respeito do dever da Administração em conferir aos seus atos a mais ampla divulgação possível, principalmente quando os administrados forem individualmente afetados pela prática do ato.

A estruturação da análise documental foi realizada por Instituição, tipo de documento e ano. Os achados da análise foram organizados com auxílio do aplicativo “*Microsoft Office Word*” e, ainda, para representação visual dos resultados, foi utilizada a ferramenta *online* de *design* gráfico “Canva”.

A partir do levantamento documental realizado nos sítios eletrônicos das instituições objetos desse estudo, foram analisados os documentos apresentados na Figura 15, nomeando-se como Instituição 1, Instituição 2 e Instituição 3. Dessas ações, resultaram três figuras que sintetizaram os achados sobre todo o material obtido, contendo as temáticas que mais frequentemente ocuparam o universo de pesquisa sobre I4.0. Assim sendo, essas figuras abarcaram um banco de informações, cuja vantagem consistiu em poder relacioná-las com os temas já abordados nesse estudo. Mais adiante, as Figuras 16, 17 e 18 são apresentadas.

Figura 15 - Levantamento documental das Instituições.

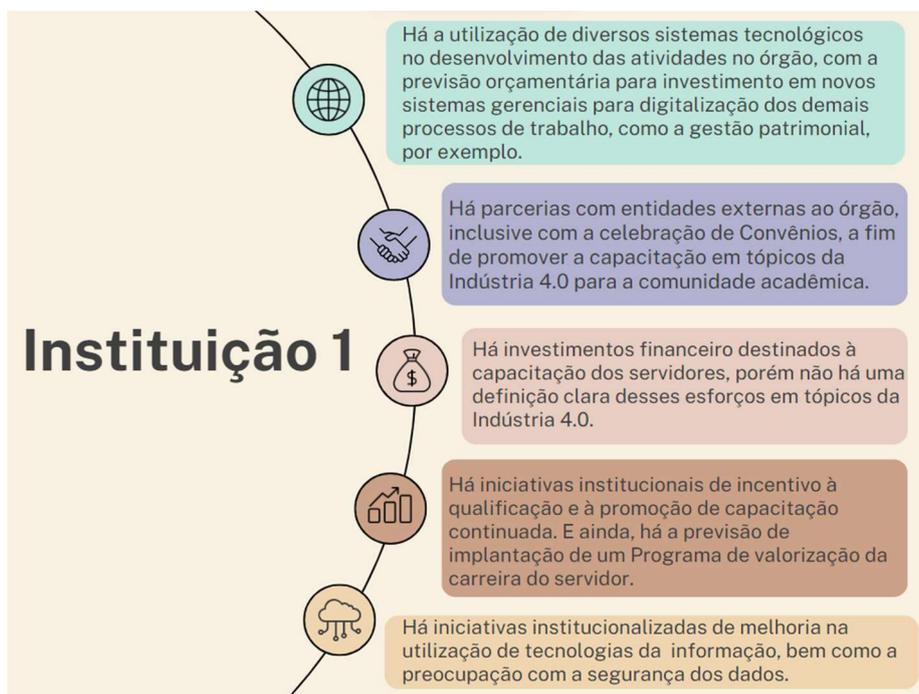


Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

A seleção e combinação dos documentos foram realizadas de forma crítica, de modo a cumprir os propósitos da pesquisa, a partir da reprodução do contexto organizacional que as instituições estudadas estão vivenciando. Nessa direção, Metzker (2011) aponta que a aplicação das técnicas não podem ser neutras, tampouco aleatórias, ao passo que Minayo (2012), destaca que o conhecimento científico é formado a partir da articulação entre teoria e experiências vividas.

Por conseguinte, após a análise dos documentos da Instituição 1, foi possível extrair informações relevantes, que guardam relação com o tema deste estudo, conforme apresentadas na Figura 16.

Figura 16 – Síntese da análise documental da Instituição 1.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Na análise dos documentos da Instituição 1 verifica-se um engajamento proativo na integração da tecnologia em suas operações. A adoção de diversos sistemas tecnológicos é evidente, e o orçamento destinado a novos sistemas gerenciais para digitalização de processos, incluindo gestão patrimonial, evidencia um olhar voltado para o futuro. Parcerias com entidades externas fortalecem a colaboração, especialmente na capacitação em tópicos da I4.0, conforme evidenciado no Relatório elaborado pelo *World Economic Forum* (2016), o qual evidenciou que a colaboração de empresas e governos é essencial para gerenciamento da transição da força de trabalho para I4.0.

Embora haja investimento financeiro na capacitação dos servidores, ainda não há uma definição clara da integração desses esforços em tópicos específicos da I4.0. No entanto, a instituição promove iniciativas de incentivo à qualificação e valorização da carreira do servidor, além de se destacar pela melhoria na utilização das tecnologias da informação e a preocupação com a segurança dos dados. No conjunto, esses esforços refletem uma abordagem ampla e centrada no progresso tecnológico e profissional.

Em sequência, a análise documental na Instituição 2, permitiu compreender o que é apontado na Figura 17.

Figura 17 – Síntese da análise documental da Instituição 2.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Os documentos analisados na Instituição 2 demonstram um compromisso firme com a modernização e capacitação de seus funcionários. Através de iniciativas institucionalizadas, a organização se esforça para garantir que todos os colaboradores sejam adequadamente capacitados, com as tecnologias de informação e comunicação (TICs) desempenhando um papel fundamental nesse processo.

A Instituição também realiza parcerias com outros órgãos, que visam fortalecer ainda mais a capacitação dos servidores em áreas de TICs, bem como promover o compartilhamento de sistemas de gestão, refletindo uma abordagem colaborativa e centrada no desenvolvimento profissional. Essas iniciativas vão ao encontro do que preceituam Hecklau *et al.* (2016), acerca da importância de desenvolver competências essenciais que atendam as transformações tecnológicas.

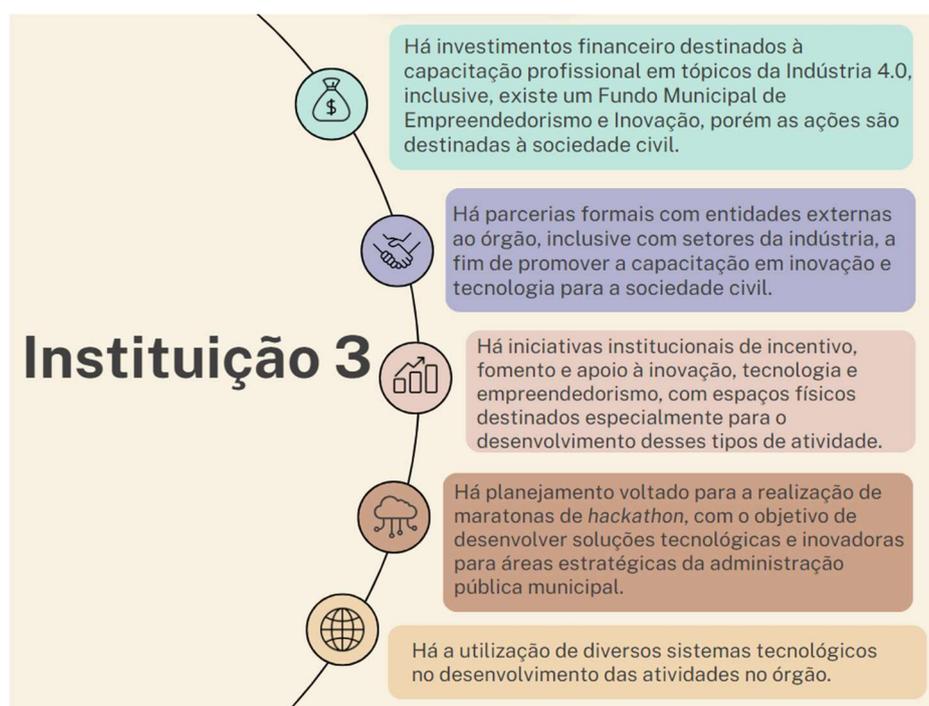
Além disso, a instituição demonstra um compromisso com a inovação tecnológica por meio de investimentos financeiros provenientes de organismos internacionais. Esses investimentos são direcionados para a atualização da plataforma tecnológica, incluindo o desenvolvimento de novos sistemas dotados de habilidades gerenciais avançadas. Nessa direção, Fredriksson *et al.* (2017) aponta a importância de que os servidores públicos

possuam a habilidade de realizar a análise adequada dos dados e informações gerados, a fim de transformá-los em conhecimento útil para a tomada de decisão.

A utilização diversificada de sistemas tecnológicos na execução das atividades da organização reflete uma postura voltada para a otimização de processos e a adoção de soluções eficazes. No geral, os documentos analisados destacam a Instituição 2 por seu compromisso contínuo com a modernização, capacitação e integração de tecnologias de ponta em suas operações.

Na mesma conjuntura, por meio das informações documentais colhidas na Instituição 3, foi possível depreender o que se apresenta na Figura 18.

Figura 18 – Síntese da análise documental da Instituição 3.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

O resultado da análise documental da Instituição 3 sugere seu compromisso em capacitação profissional, especialmente em tópicos da I4.0. Os investimentos financeiros nessa área refletem um compromisso com a atualização dos colaboradores em temas tecnológicos avançados. No entanto, é importante observar que esses investimentos parecem ser mais direcionados à sociedade civil, por meio do Fundo Municipal de

Empreendedorismo e Inovação, o que pode sugerir uma necessidade de maior alinhamento entre as ações de capacitação e os interesses internos da instituição.

A instituição também se destaca por suas parcerias formais com entidades externas, incluindo setores da indústria, para promover a capacitação em inovação e tecnologia para a sociedade civil. Essas parcerias evidenciam um compromisso com a disseminação de conhecimento e práticas avançadas para a comunidade em geral. As iniciativas institucionais de incentivo, fomento e apoio à inovação, tecnologia e empreendedorismo, juntamente com espaços físicos dedicados a essas atividades, indicam um ambiente propício ao desenvolvimento tecnológico, conforme já abordado por Mohelska e Sokolova (2018).

A organização demonstra, ainda, um planejamento voltado para maratonas de *hackathon*, que visam desenvolver soluções inovadoras e tecnológicas para áreas estratégicas da administração pública municipal. Isso reflete uma abordagem proativa para buscar soluções tecnológicas de ponta que possam otimizar os processos internos e a qualidade dos serviços prestados à comunidade. A utilização diversificada de sistemas tecnológicos nas atividades da instituição evidencia a busca pela eficiência e pela modernização dos processos. No geral, a Instituição 3 se destaca por sua abordagem aberta à inovação, tecnologia e capacitação, tanto internamente quanto para a comunidade em geral.

Essas análises refletem o que Long *et al.* (2021) ressaltam, sobre a importância da implementação de tecnologias avançadas no ambiente organizacional, uma vez que permite que as organizações tomem decisões amparadas nos dados produzidos por meio da análise de *big data* para resolver desafios de forma eficaz. Portanto, os autores avaliam que a qualificação da mão de obra para esse cenário digital é fundamental para atingir as metas estratégicas organizacionais e um nível mais alto de desempenho no setor público.

Nessa direção, tomando como base a literatura sobre o assunto apresentado no Referencial Teórico desta pesquisa, bem como as dimensões apresentadas no Quadro 6, embora os resultados da análise documental demonstrem iniciativas institucionalizadas voltadas para a inserção ou incentivo do uso das tecnologias habilitadoras da I4.0 no ambiente organizacional, não foi possível identificar, em nenhuma das 3 Instituições, ações específicas que buscassem o desenvolvimento de competências não técnicas aos servidores.

Um requisito importante para a transição bem-sucedida para I4.0, e que foi possível identificar na análise dos documentos das três Instituições, é a existência de parcerias externas para o incentivo e fomento da inovação e tecnologia. Isso permite que as organizações públicas aproveitem a experiência, o conhecimento e os recursos das entidades externas para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades que a I4.0 oferece.

O Relatório *The Future of Jobs* (WEF, 2016) já apontava a necessidade de desenvolvimento de parcerias e colaborações multissetoriais, para alavancar a expertise de cada parceiro de forma complementar, a fim de produzir soluções escaláveis para desafios de empregos e habilidades.

Os achados demonstram que todas as instituições buscam utilizar a tecnologia como um meio para aprimorar suas operações e serviços, adaptando-se às demandas do ambiente contemporâneo.

Isto posto, após o levantamento documental e a análise das informações colhidas, complementaremos este estudo com o exame das transcrições das entrevistas realizadas com os gestores públicos, para obtenção de melhor entendimento do objeto de estudo.

4.3 Análise de conteúdo das entrevistas

A realização das entrevistas objetivou analisar, com maior profundidade, aspectos perceptuais dos gestores sobre os requisitos essenciais para a transição à I4.0 no seu ambiente organizacional. Assim, após a transcrição das entrevistas, os dados foram organizados de acordo com as técnicas propostas por Bardin (2016), cuja análise buscou entender as respostas dos sujeitos num contexto interpretativo, levando em consideração a revisão da literatura sobre o tema, já apresentado nesse estudo.

Nesse sentido, a Figura 19 apresenta os procedimentos operacionais de análise aplicados, a partir do desenvolvimento das três fases: 1) Pré-análise; 2) Exploração do material, categorização ou codificação; 3) Tratamento dos resultados, inferências e interpretação (Bardin, 2016).

Figura 19 – Procedimentos de análise de conteúdo das entrevistas.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Partindo do referencial teórico sobre a relação da I4.0 e os recursos humanos sintetizados no Quadro 6 deste estudo e, tendo em vista as percepções dos gestores públicos obtidos por meio das entrevistas, foi possível selecionar os principais pontos abordados em consonância com objetivos da pesquisa. Vale ressaltar, que os documentos analisados na etapa de Pesquisa Documental não foram contemplados nessa fase de codificação do material, uma vez que os documentos ora analisados serviram de complemento aos achados dessa última, de forma a aprofundar a compreensão sobre o tema estudado.

Por conseguinte, Bardin (2016) ressalta que, do ponto de vista da informação útil para o estudo, a presença ou ausência de determinadas características ou conjunto de características de conteúdo pode ser entendida como tratamento das informações ou análise de significados. Sob essa ótica, o Quadro 7 apresenta os elementos de marcação que caracterizam os eixos temáticos abordados nesse estudo e que apareceram ou não nas entrevistas realizadas, associados às dimensões consolidadas anteriormente no Quadro 6.

Quadro 7 – Identificação dos eixos temáticos das entrevistas.

Dimensão	Eixo temático	Elementos de marcação	Frequência de ocorrência
1. Reconhecimento do Capital Humano	Habilidades técnicas	-Automação e controle; -Análise de Dados; -Cibersegurança.	8
	Habilidades não técnicas	- Comunicação Interdisciplinar; - Resolução de Problemas; - Pensamento Crítico	6
2. Educação, Aprendizagem e Conhecimento	Treinamento e Desenvolvimento	- Treinamento em Ferramentas de I4.0; - Desenvolvimento de <i>Soft Skills</i> ; -Programas de Capacitação Contínua.	39
3. Cultura Digital	Cultura Organizacional	- Foco na Inovação; -Aceitação de Novas Tecnologias; - Cultura de Aprendizado Contínuo.	44
4. Apoio da Liderança	Liderança e Políticas de Incentivo	- Estratégias de Liderança para I4.0; - Políticas de Incentivo à Inovação; - Gestão de Mudanças	19
5. Formação de Equipes Multidisciplinares e Educação Corporativa	Preparação das equipes	- Colaboração entre Departamentos; - Diversidade de Competências; - Integração de Especialistas em Tecnologia.	3
6. Atitudes Comportamentais	Competências comportamentais	- Adaptabilidade; - Abertura para Aprendizado; - Proatividade.	3
7. Colaboração Externa em Tópicos da Indústria 4.0	Parcerias estratégicas e colaborações externas	- Parcerias Interinstitucionais; - Colaboração com Setor Privado; - Redes de Inovação.	2

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Para quantificar os temas que apareceram nas entrevistas, primeiramente, foi realizada a identificação de palavras-chave e frases, de modo que, para cada tema da categorização, uma lista de palavras-chave e frases associadas foi criada. Por exemplo, para o tema "Habilidades Técnicas", palavras-chave como "automação", "controle", "análise de dados" e "cibersegurança" foram identificadas.

Utilizando essas palavras-chave e frases, o texto das transcrições foi pesquisado para contar o número de vezes que cada tema foi mencionado. Esta contagem foi feita tanto para palavras-chave específicas como para discussões mais gerais que se enquadravam em cada tema.

A fim de garantir que as menções eram relevantes, o contexto em que as palavras-chave ou frases apareceram também foi revisado. Isso foi feito para assegurar que as contagens eram precisas e não incluíam falsos positivos (por exemplo, a palavra "automação" usada em um contexto não relacionado a "Habilidades Técnicas").

Finalmente, as contagens para cada tema foram somadas para fornecer uma visão geral da frequência com que cada tema foi discutido nas entrevistas. Essa abordagem permitiu uma quantificação metódica dos temas e ofereceu uma base para análises subsequentes.

Assim, a partir das frequências observadas nas entrevistas, foi possível fazer análises inferenciais para interpretar o que esses dados podem indicar sobre o estado atual e as necessidades futuras em relação à transição para a I4.0.

Entre as áreas temáticas mais discutidas está Cultura Organizacional, com 44 (quarenta e quatro) menções, sugerindo ser um tema de preocupação central entre os entrevistados, além de apontar que há um entendimento sobre a importância da cultura organizacional para a transição à I4.0.

Essas constatações ficam evidenciadas por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E2 e E3.

(E1) Eu acredito que é uma tendência global que a gente torne todas as atividades repetitivas de forma automática, pelo uso da tecnologia. Então, o que eu percebo é que os próprios servidores são muito abertos à tecnologia, nesse sentido de facilitar uma tarefa repetitiva. Não faz sentido você ter um servidor fazendo uma atividade repetitiva que pode ser feita por um sistema de informação. Então a tecnologia ela tá aí para tornar tudo mais eficiente, mais seguro até, então eu avalio como extremamente importante. Por isso que a nossa demanda maior é na área de tecnologia.

(E2) Eu entendo que nós vivemos ainda uma cultura de resistência. Alguns colegas são resistentes às tecnologias, mas

entende que a tecnologia já é o caminho e não se tem muito para onde ir, você precisa daquele instrumento para desenvolver seu trabalho.

(E3) Hoje a gente tem o poder público em todo lugar, é uma engrenagem muito grande, pouco azeitada e que precisa de processos mais rápidos para chegar com serviço na ponta. Então, fazer com que os processos sejam digitais, com que o atendimento seja mais digital possível para que a gente possa chegar mais rápido com solução para o contribuinte, é muito saudável.

Na seleção “a tecnologia está aí para tornar tudo mais eficiente, mais seguro”, o entrevistado expressa uma visão muito positiva da tecnologia, vendo-a como uma forma de automatizar tarefas repetitivas e melhorar a eficiência. A expressão "tendência global" sugere, ainda, que o entrevistado vê essa mudança como inevitável e abrangente, não apenas em sua própria organização, mas em todo o mundo. Há também uma aceitação implícita de que os "servidores são muito abertos à tecnologia", indicando um ambiente de trabalho que é receptivo à mudança e à inovação.

Todavia, o recorte "Cultura de resistência" destaca uma atitude mais cautelosa ou até relutante em relação à tecnologia. O entrevistado reconhece que "alguns colegas são resistentes às tecnologias", mas também observa que "a tecnologia já é o caminho", sugerindo uma espécie de resignação forçada à mudança tecnológica. Este fragmento aponta para um ambiente de trabalho onde a adoção da tecnologia pode ser mais lenta ou enfrentar mais obstáculos.

Chulanova (2019) destaca que é necessário engajar os funcionários antes da implementação das estratégias da I4.0, avaliando a percepção dos trabalhadores em empreender essas mudanças e adaptar-se à quarta revolução industrial. Corroborando, Stern *et al.* (2018) indica que essa é a forma de manter uma força de trabalho agindo eficientemente.

Ainda, o trecho "Poder público em todo lugar, é uma engrenagem muito grande, pouco azeitada", o entrevistado utiliza a metáfora "engrenagem pouco azeitada" para descrever o poder público como um sistema grande, mas ineficiente que "precisa de processos mais rápidos". O foco aqui está na urgência de digitalizar para atender melhor ao "contribuinte". A expressão "muito saudável" sugere uma visão positiva das mudanças digitais, mas também aponta para uma necessidade crítica de implementação.

Essas diferentes seleções lexicais ilustram uma gama de atitudes em relação à tecnologia e à mudança, desde o otimismo e a prontidão para a adotar (E1), passando pela relutância misturada com a aceitação forçada da inevitabilidade (E2), até o reconhecimento da necessidade crítica de melhorias (E3).

Uma pesquisa intitulada “*Global Industry 4.0*”, realizada pela PWC (2016), já indicava entre os desafios mais importantes a serem enfrentados para a transição para a I4.0 estariam a falta de cultura digital e formação, respaldando os desafios enfrentados nas instituições estudadas.

Em continuidade, as entrevistas também indicaram uma dicotomia geracional. A geração mais antiga demonstra resistência à adoção de novas tecnologias e processos digitais, enquanto a geração mais jovem se adapta facilmente.

(E1) Então, a gente tem uma geração que tá na época de se aposentar e já tem direito de se aposentar e está lá trabalhando recebendo abono de permanência. Então, essa geração ela é mais resistente às novas tecnologias, a trabalhar de forma digital e aí a gente encontra essa resistência. Também a gente acha dificuldade em relação à educação formal deles para um novo cenário tecnológico que a gente vive hoje.

(E2) Agora, para os colegas que estão na Instituição, que adentraram há 20 e 30 anos, por exemplo, que ainda estão no nosso quadro que não avançaram academicamente, nós temos feito visitas há alguns setores conscientizando os colegas que ainda desejam ficar nos quadros, nós temos levado a eles a necessidade de continuar a sua formação acadêmica, dos reflexos disso na sua situação remuneratória e então onde nós temos ensejada também a própria capacitação, também gera aí um aumento financeiro. Então nós temos feito essas campanhas com alguns setores que nós temos diagnosticado colegas que já estão a pelo menos duas três décadas conosco que não avançaram na carreira, que estão estagnados, então o programa tem sido para isso.

(E3) A resistência da nossa secretaria é, por exemplo, fazer a digitalização dos processos e a maior parte dos servidores, principalmente os mais antigos, ainda prefere o processo físico, o papel. A gente não teve dificuldade na implantação, mas é aquela coisa, a gente observa que a maioria ainda prefere o físico.

O entrevistado 1 observa que existe uma geração de trabalhadores que está perto de se aposentar e é "mais resistente às novas tecnologias". Isso sugere um desafio em integrar esta geração nas mudanças digitais que estão ocorrendo. Também é mencionada a "educação formal deles para um novo cenário tecnológico", indicando que a formação educacional desta geração pode não ter preparado-os adequadamente para as mudanças tecnológicas rápidas de hoje.

Nesse seguimento, o trecho extraído de E2 "Conscientizando os colegas que ainda desejam ficar nos quadros", demonstra uma abordagem proativa para lidar com os servidores que estão na instituição há muito tempo e podem não ter avançado em suas carreiras ou formação acadêmica. O entrevistado fala sobre "visitas a alguns setores" e "campanhas" para incentivar a continuação da formação acadêmica, ligando isso a benefícios remuneratórios. Isso sugere um reconhecimento da importância da educação contínua e da progressão na carreira, mesmo para aqueles que podem estar "estagnados".

Semelhante a E1, o entrevistado 3 também observa uma resistência à digitalização, particularmente entre os servidores mais antigos. Mesmo que a "implantação" da digitalização não tenha encontrado dificuldades, a preferência pelo "processo físico" ainda é predominante. Isso indica uma aceitação relutante da tecnologia e um apego às formas tradicionais de fazer as coisas.

À vista disso, Chulanova (2019) destaca a importância de capacitar esse grupo de servidores mais antigos, cujo foco seria desenvolver habilidade em informática a fim de ajudá-los a continuar seu trabalho. O autor ressalta que esses servidores detêm conhecimento e experiência organizacional que devem ser aproveitadas na transição para I4.0.

Esses recortes de entrevistas indicam que há desafios em lidar com a resistência à mudança, especialmente entre as gerações mais antigas. No entanto, também há um esforço para mitigar isso através da educação e do desenvolvimento profissional contínuos. Isso sugere um contexto complexo em que as instituições estão tentando equilibrar as necessidades e preferências de diferentes gerações de trabalhadores, enquanto se adaptam às demandas da I4.0.

A promoção da requalificação total da mão de obra envelhecida e a implementação de iniciativas que motivem a força de trabalho a se reciclar ao longo da vida, também

foram temas discutidos no Relatório *The Future of Jobs* (WEF, 2016) como uma área com implicações críticas para o longo prazo.

Destarte, a cultura digital e a integração de tecnologias emergentes também surgem como pontos de convergência entre as entrevistas e a teoria da I4.0. A dependência em sistemas informatizados, embora seja presente, nem sempre é acompanhada de domínio. Algumas falhas técnicas na interação com sistemas e a necessidade de apoio contínuo revelam uma disparidade entre a potencialidade tecnológica e a proficiência real. Isso destaca a relevância dos princípios da I4.0, como a análise de dados e a automação, para aprimorar a eficácia dos serviços públicos (Mohelska; Sokolova, 2018). Os fragmentos das entrevistas de E1, E2 e E3 demonstram esse fenômeno.

(E1) Então, eu acredito que é uma tendência global, que a gente torne todas as atividades repetitivas de forma automática, pelo uso da tecnologia. Então, o que eu percebo é que os próprios servidores são muito abertos a tecnologia nesse sentido de facilitar uma tarefa que é repetitiva, então muitas demandas são do próprio servidor que realiza aquela atividade repetidamente. E aí, ele traz uma ideia de implementar um sistema de informação, de como melhorar aquela atividade, de como aquilo pode ser trazido de forma automática.

(E1) Hoje a gente lida com outras secretarias que ainda não tem um processo todo digitalizado como nós temos, que ainda não é tudo informatizado, como o nosso é, e a gente vê o quanto é vagaroso, o quanto as atividades demandam mais tempo para serem realizadas nessas outras secretarias. Você não consegue ser de fato eficiente sem a tecnologia.

(E2) Eu creio que nós estamos caminhando para que elas sejam sim úteis e talvez até a base do nosso trabalho. Por conta de diversas situações, situações estruturais que nós temos, a situação propriamente orçamentária, a demora que nós temos para, por exemplo, repor um equipamento, até pela segurança das informações, a questão de proteção dos nossos dados, das nossas informações e assegurar espaços institucionais que de fato o tratamento de dados estejam seguro e esteja formalizado. Então eu creio que nós caminhamos para isso e não vai ser demorado.

(E3) Eu acho que caminhar para isso é ter uma possibilidade de tomar a decisão mais assertiva, então é utilizar essa questão da análise de dados, de ter *dashboards* que ajudem para que o gestor possa tomar a decisão mais correta, fazer acompanhamento de movimento para investimento de recursos públicos de forma mais apontada e assertiva é o melhor dos mundos.

Nesse sentido, os trechos destacados evidenciam a preocupação com a integração de tecnologias e a cultura digital. As expressões "informatizado", "análise de dados", "tarefas repetitivas", "sistema de informação", "proteção de dados", "automação de tarefas", "tomada de decisão" e "dashboards" apontam para a relevância da adoção de tecnologias eficazes e sua integração nos processos de trabalho.

Em vista disso, Van Laar *et al.* (2020) identificaram que os funcionários devem ser capazes de buscar, avaliar e organizar a informação em ambientes digitais, além de distribuir e manter informações em dispositivos digitais utilizados no desempenho das suas atividades.

Ainda, o recorte "Tendência global de automação e demandas do próprio servidor", sugere que os servidores não são apenas abertos à tecnologia, mas também ativos na busca de soluções tecnológicas para melhorar suas tarefas. Isso indica engajamento dos funcionários e uma cultura de inovação de baixo para cima. A automação não é apenas vista como uma imposição externa, mas como uma oportunidade para melhorar a eficiência. Isso poderia também significar que há uma necessidade de competências relacionadas à identificação e implementação de melhorias tecnológicas.

Além disso, no trecho "Comparação com outras secretarias", o entrevistado contrasta sua própria secretaria, que é mais digitalizada, com outras que não são, destacando o impacto negativo na eficiência. Isso sugere que há uma percepção clara das vantagens competitivas trazidas pela digitalização.

O entrevistado 2 ressaltou que, apesar do potencial da tecnologia, evidenciado no recorte "Caminhando para utilidade e segurança da tecnologia", há barreiras estruturais e orçamentárias que precisam ser superadas. Isso aponta para um ambiente de trabalho em que a gestão precisa ser habilidosa não apenas em tecnologia, mas também em navegação institucional. A menção à "segurança das informações" e "proteção dos nossos dados" sugere que há uma preocupação crescente com a cibersegurança, o que é vital na era da I4.0.

Essa preocupação vai ao encontro com o que Canongia e Mandarin Junior (2010) evidenciam a respeito das infraestruturas críticas no que diz respeito à segurança, as quais eles consideram ser as instalações, serviços, bens e sistemas que, se forem violados,

invadidos, degradados ou destruídos, provocarão graves impactos sociais, econômicos, políticos e ainda, conforme corroboram Schwab e Poujol (2018), influenciarão na qualidade dos produtos/serviços, no melhor cumprimento das regulamentações e requisitos legais e ainda na própria segurança física dos funcionários.

A sequência lexical "Decisões mais assertivas e uso de dados" demonstra que o entrevistado vê um valor significativo na análise de dados para a tomada de decisão mais assertiva. Isso aponta para a necessidade de competências em análise de dados entre os gestores. Além disso, a análise de dados não é vista apenas como uma ferramenta para a tomada de decisão, mas também como um meio para otimizar o uso de recursos públicos. Isso pode implicar um foco em métricas e KPIs (Indicadores Chave de Desempenho) relacionados à eficiência operacional (Shevyakova *et al.*, 2021).

Os funcionários devem ser capazes de identificar os problemas e definir as melhores soluções que podem estar disponíveis on-line. É necessário ainda, que ter habilidade para utilizar as TICs para acessar e conectar informações e, assim, resolver problemas (Van Laar *et al.*, 2020).

Embora o estudo desenvolvido pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE (2018) tenha demonstrado que no setor público brasileiro as pessoas são insuficientemente qualificadas na análise de dados e há falta de pessoal para implementar as políticas delineadas na Estratégia de Governança Digital, esses recortes oferecem um panorama complexo, porém otimista, do estado atual e futuro das instituições públicas em relação à I4.0. Eles destacam a importância do engajamento dos funcionários, da adaptação às mudanças e da superação dos desafios estruturais e de segurança para o sucesso na era digital.

Em sequência, Treinamento e Desenvolvimento é o segundo tema mais discutido, com 39 (trinta e nove) menções, o que pode indicar que há uma necessidade percebida de qualificação e treinamento da força de trabalho para se adaptar às mudanças trazidas pela I4.0. As entrevistas revelaram que a força de trabalho atual dessas instituições possuem um nível considerável de qualificação técnica, refletido na grande maioria dos servidores que possuem formação de nível superior. A diversidade de formações, especialmente nas áreas de contabilidade, engenharia, direito e tecnologia, indica uma base sólida de competências técnicas. Os fragmentos dos discursos de E1, E2 e E3 evidenciam essas constatações.

(E1) Uma boa qualificação técnica, considerando que praticamente todo o nosso quadro possui curso superior. Eu acho que são poucas exceções, raríssimas exceções, que não tem um curso superior, considerando que para ingressem na carreira é exigido uma qualificação de nível superior. Então a gente considera que o nosso corpo técnico é bem qualificado.

(E2) Eu verifico que a qualidade dos nossos profissionais, pelo menos na última década, tem aumentado em termos de qualificação e capacitação. Até dos perfis que nós temos recebido mesmo por concurso público, que não avalia perfil, mas os perfis que têm nos buscado nos concursos públicos têm sido aprovados, eles têm sido de uma qualidade muito boa. É claro que a gente ainda tem um passivo aí de colegas que precisariam se atualizar, se aperfeiçoar, se qualificar, mas eu entendo que nós estamos num caminho de aprimoramento, de melhoria desse quadro, pelo menos nos últimos 10 anos.

(E3) Em geral a qualificação, ela não é ruim. É uma qualificação boa. São pessoas que tem perfil para a área que eles atuam. Geralmente é assim.

O recorte "Corpo técnico bem qualificado" destaca que a maioria dos servidores possui um grau de ensino superior, o que é uma exigência para ingressar na carreira. Isso sugere um alto nível de qualificação técnica e acadêmica na força de trabalho. O fato de que é exigido um nível superior para ingressar na carreira sugere que a instituição valoriza o conhecimento técnico e acadêmico como critérios de seleção. As competências digitais ainda são vistas como uma habilidade técnica e não como uma competência estratégica fundamental para a maioria dos perfis profissionais.

Shevyakova *et al.* (2021), destacam que a aplicação bem-sucedida das tecnologias da I4.0 não pode ser alcançada delegando esses tópicos apenas àqueles da área de TI, mas requer uma compreensão abrangente de métodos e conceitos por parte de todos da instituição.

Nessa direção, o entrevistado 2, no trecho "Caminho de Aprimoramento", observa uma tendência de melhoria na qualificação dos servidores ao longo da última década. Isso sugere que a instituição está fazendo progressos substanciais em termos de desenvolvimento profissional. No entanto, o entrevistado também reconhece que há um "passivo" de servidores que precisam de atualização. Isso indica a presença de uma força

de trabalho diversificada em termos de habilidades e a necessidade de programas de treinamento contínuo.

Ao passo que o trecho "Qualificação boa e perfil adequado", sugere que os servidores não apenas têm uma boa qualificação, mas também têm o perfil adequado para as áreas em que atuam. Isso pode indicar um processo de seleção bem ajustado que vai além das qualificações técnicas e considera também o perfil cultural e profissional.

É salutar que os trabalhadores tenham oportunidades de capacitação por meio de treinamento e políticas de educação continuada nos ambientes que estão inseridos, além de iniciativas governamentais, de médio e longo prazo, que potencializem a formação de capital humano qualificado que corresponda ao novo padrão profissional exigido pelo mercado (Avitia-Carlos *et al.*, 2019; Haleem; Javaid, 2019).

Nessa direção, esses trechos retratam uma força de trabalho em evolução, com altos níveis de qualificação técnica e um foco contínuo na melhoria e atualização de habilidades. Eles também sugerem que as instituições estão cientes dos desafios que ainda precisam ser abordados, incluindo a necessidade de atualização e desenvolvimento contínuo.

As entrevistas também demonstraram que limitações orçamentárias podem representar um desafio para a introdução das tecnologias da I4.0 nas instituições governamentais, uma vez que os cursos de treinamento são direcionados para atender necessidades pontuais, em vez de proporcionar a todos um aperfeiçoamento padronizado.

(E1) Hoje a gente tem uma gerência de capacitação que ela oferece todo o treinamento técnico para a parte de sistemas operacionais que a gente precisa trabalhar no nosso dia a dia, para realizar as atividades de meio e fim. Então, para esse foco desenvolvimento técnico de recursos humanos para as atividades a nível mais operacional, eu considero que o treinamento é bem satisfatório, mas ele pode melhorar na parte de quando a gente pensa mais no planejamento estratégico. Nos últimos anos a secretaria voltou a investir em compra de cursos técnicos, porque às vezes a gente tem dificuldade de conseguir um instrutor capacitado e acaba sendo caro para a gente realizar uma turma para poucos servidores, então compensa comprar uma vaga em um curso que seja muito bom, com uma pessoa que seja referência na área e a gente oferecer isso para o servidor. Então esse

investimento ele tem retornado aí nos últimos dois anos na secretaria.

(E2) Bom, os cursos que nós temos conseguido ofertar, até por questões orçamentárias, tem sido direcionados para determinadas necessidades. Nós não temos conseguido fazer um treinamento de forma colocar todos no mesmo patamar, todos no mesmo parâmetro de aperfeiçoamento. Então, normalmente, pelas questões orçamentárias que eu falei, nós costumamos a atender as necessidades pontuais de alguma atividade que precisa ser desenvolvida e a instituição precisa dar o aporte aos servidores que estarão atreladas a isso. Talvez, se a gente tivesse uma situação orçamentária melhor e mais confortável, pudéssemos ampliar isso, não para situações pontuais, mas para deixar todos num no mesmo nivelamento.

Ambos os trechos ilustram como as restrições orçamentárias afetam as decisões de treinamento e desenvolvimento nas instituições, levando a abordagens mais focadas e menos abrangentes. Há um reconhecimento de que o treinamento poderia ser mais eficaz e abrangente se mais recursos estivessem disponíveis.

As sequências lexicais "Investimento em Cursos Técnicos" e "Treinamento Baseado em Necessidades Pontuais" indicam uma abordagem pragmática para maximizar o retorno sobre o investimento em treinamento, indicando que questões orçamentárias parecem ditar a abordagem de treinamento.

Ghobakhloo (2018) já apontava que, entre os muitos desafios associados à quarta revolução industrial, está a capacidade financeira para suportar tanto os investimentos em tecnologia, quanto a necessidade de qualificação e atualização do capital humano.

O próximo eixo temático, que foi medianamente frequente nas entrevistas, foi Liderança e Políticas de Incentivo, com 19 (dezenove) menções, sugerindo que estratégias de liderança e políticas de incentivo são vistos como importantes, mas talvez ainda não sejam uma prioridade. Os gestores mencionaram a importância da interação com parceiros externos, como universidades e indústria, para promover a inovação e a colaboração. A cooperação com esses parceiros é vista como uma maneira de adquirir conhecimentos especializados, compartilhar boas práticas e aproveitar recursos externos para impulsionar a transformação organizacional (Avitia-Carlos *et al.*, 2019).

Além disso, todos os entrevistados enfatizaram o papel crítico da liderança na criação de uma cultura que promova a inovação e a adaptação às tecnologias da I4.0. Os gestores enfatizaram a responsabilidade em liderar pelo exemplo, promovendo uma cultura de inovação e demonstrando a importância da adaptação às mudanças tecnológicas. A liderança eficaz é vista como um catalisador para superar a resistência à mudança e para inspirar a equipe a abraçar as tecnologias emergentes (Mohelska; Sokolova, 2018).

Novamente, a pesquisa realizada pela PWC (2016), indicou que a falta de visão clara para as operações digitais e suporte da liderança estão entre os desafios mais relevantes a serem enfrentados pelas organizações, reforçando a importância da liderança nesse processo de transição para I4.0.

Na esfera federal, foi identificado que, embora a alta administração fomenta políticas de inovação, sua implementação ainda não foi alcançada totalmente. O baixo nível de compreensão da I4.0 também sugere que há um longo caminho a percorrer antes que a organização possa aproveitar plenamente as oportunidades oferecidas por essa revolução tecnológica. A existência de um comitê de inovação mencionado na entrevista indica que há um esforço institucional para melhorar a governança digital, embora ainda esteja em desenvolvimento.

Ainda nessa esfera, o entrevistado percebe que há uma cultura de gestão mais focada em resultados imediatos do que em desenvolver habilidades e competências dos servidores. Ela destacou a necessidade de conscientizar os líderes sobre a importância da capacitação e inovação tecnológica.

Fitsilis, Tsoutsas e Gerogiannis (2018) destacam que as organizações precisarão adicionar ao seu planejamento de transformação tecnológica investimentos com treinamento de mão de obra e programas de desenvolvimento, a fim de garantir a qualificação da força de trabalho para utilização das novas ferramentas e tecnologias.

Na esfera estadual, ficou clara a preocupação da alta administração com a adoção de tecnologias avançadas, como *Big Data* e inteligência artificial, para melhorar a eficiência e a análise de dados. Além disso, a criação de uma gerência de capacitação e retomada de investimentos em cursos técnicos, demonstram o apoio da liderança para a transformação digital.

Stern *et al.* (2018), aponta que a substituição das características tradicionais de gestão por técnicas inovadoras são essenciais para possibilitar ganhos de eficiência às ações do governo. Todavia, a digitalização das interações dos serviços no setor público é um desafio complexo que requer coordenação entre os diferentes níveis de governo.

Na esfera municipal, o entrevistado descreveu programas em andamento para formar profissionais em áreas como programação, design, desenvolvimento Full Stack e inserção no mercado de games. Além disso, foi verificado que há investimentos em políticas públicas para apoiar a inovação e a interação com o ecossistema de inovação. A menção da criação de incubadoras para microempresas voltadas à indústria, bem como programas de incentivo fiscal para atividades tecnológicas na cidade, demonstra um compromisso com o estímulo à inovação.

Embora não mencionado explicitamente, a natureza dessas iniciativas sugere uma orientação para a transformação de Manaus em uma "cidade inteligente" através da integração de tecnologia e conectividade. Todavia, foi identificada a dependência do gestor principal para tomada de decisões, o que pode levantar questões sobre autonomia dos servidores, afetando a agilidade organizacional e a inovação na implementação das tecnologias emergentes.

Continuando com a análise da frequência com que certos temas foram discutidos nas entrevistas, algumas áreas se destacam por terem sido menos abordadas pelos entrevistados. Por exemplo, as habilidades técnicas e não técnicas receberam 8 (oito) e 6 (seis) menções, respectivamente. Isso pode apontar para uma lacuna na percepção da importância dessas competências na implementação da I4.0.

Van Laar *et al.* (2020) ressaltam a importância de os funcionários serem dotados de habilidades como: pensamento crítico, colaboração, criatividade, resolução de problemas, comunicação, para além das habilidades e linguagens das tecnologias. Corroborando, o relatório produzido pelo *World Economic Forum* (2016) sugere que várias mudanças são necessárias na forma como as organizações gerenciam seus recursos humanos, apontando que habilidades como resolução de problemas complexos, pensamento crítico, criatividade, gestão de pessoas, coordenação, inteligência emocional, julgamento e tomada de decisão, orientação para o serviço, negociação e flexibilidade cognitiva são essenciais ao perfil dos funcionários nesse contexto da I4.0.

Nesse sentido, temas como atitudes comportamentais e formação de equipes multidisciplinares foram mencionados apenas três vezes cada, sugerindo que pode haver uma falta de foco em habilidades interpessoais e na capacidade de trabalhar eficazmente em equipes com diversas áreas de especialização.

À vista disso, Chulanova (2019) também identificou que as competências individuais mais importantes aos funcionários nesse novo cenário são: habilidades técnicas, resolução de problemas, habilidades de codificação, habilidades analíticas e capacidade de trabalhar sob pressão.

Existe um reconhecimento de que os servidores têm habilidades técnicas, mas essas habilidades, apesar de ter ligação indireta com as tecnologias habilitadoras, não são necessariamente alinhadas com as demandas da I4.0. Os servidores estão engajados em suas funções atuais, mas há uma falta de preparação para a transição para um ambiente mais digitalizado. Além disso, os treinamentos ofertados não são direcionados para as competências da I4.0, comprometendo ainda mais a transição bem-sucedida para um cenário de inovação tecnológica.

Ainda, a baixa frequência de menções a atitudes comportamentais e habilidades não-técnicas sugere que essas áreas podem precisar de mais atenção e investimento. As seleções lexicais “eu avalio como frágeis, eu entendo que em termos comportamentais nós ainda temos muitas dificuldades com os nossos recursos humanos”, “a qualificação profissional, o preparo, a graduação, ela não traz aquela questão da sensibilidade do atendimento, da resiliência, da persistência, da empatia”, “a gente não tem uma variação de competências, então a gente realmente não tem como mensurar, ainda mais esses temas que são mais subjetivos” indicam uma lacuna em competências comportamentais e interpessoais. A preparação técnica não substitui a necessidade de habilidades emocionais, que são cruciais na interação com o público e na adaptação às mudanças (WEF, 2016).

Ademais, foi possível inferir que existe uma carência de equipes com habilidades diversificadas capazes de enfrentar os desafios multidisciplinares da I4.0. As entrevistas sugerem que há alguma colaboração entre diferentes áreas, mas que isso ainda está em estágios iniciais. Eles mencionam a dificuldade de transferência de conhecimento entre departamentos e que os servidores são mais especialistas em suas áreas, o que pode limitar

a eficácia das equipes multidisciplinares, conforme preceituam Chulanova (2019) e Karre *et al.* (2017).

A formação de equipes multidisciplinares parece ser um objetivo desejável, mas as entrevistas sugerem que ainda há vários obstáculos a serem superados, incluindo a resistência à mudança, a necessidade de melhor comunicação e a falta de incentivos estruturais para a colaboração interdepartamental.

As sequências lexicais “o maior princípio da gestão é o da continuidade”, “nós não temos mais nem os manuais porque eles já estão desfasadíssimos”, “se nós tivéssemos um diálogo um pouco mais fortalecido entre todas as áreas, nós não teríamos tantos gaps” e “a gente não tem de fato um programa de transferência de conhecimento desses servidores que possuem toda essa bagagem para os demais servidores que vão ficar na instituição” sugerem a preocupação com a gestão do conhecimento, porém revelam que não há processos formais que fortaleçam a comunicação institucional e a promovam a formação de equipes com múltiplas aptidões dentro dessas organizações, o que pode ser problemático dado o alto nível de especialização dos servidores.

O tema da colaboração externa, que foi mencionado apenas duas vezes, parece indicar que a colaboração além dos limites organizacionais talvez não esteja recebendo a atenção necessária para uma transição eficaz para a I4.0, haja vista que a colaboração entre diferentes entidades é crucial para a implementação desse paradigma (WEF, 2016). Essa colaboração pode assumir várias formas, incluindo parcerias público-privadas, colaborações interdepartamentais e associações com instituições de pesquisa. As entrevistas sugerem que há espaço para maior colaboração entre o setor público e entidades externas, como universidades e indústrias (Avitia-Carlos *et al.*, 2019).

No âmbito federal, a colaboração com parceiros externos e o *benchmarking* são mencionados como áreas em que a organização ainda está principiando. Ao tempo que, na esfera estadual foi possível inferir que a instituição realiza a colaboração com outras secretarias e instituições estaduais, trocando conhecimentos e soluções tecnológicas para desafios similares. Isso indica uma oportunidade perdida de aprendizado e aprimoramento a partir das experiências de outras entidades, haja vista que essas colaborações podem ser uma oportunidade desenvolver novas práticas e inserir inovação ao ambiente organizacional (Chulanova, 2019; Hecklau *et al.*, 2016; PwC, 2016; OECD, 2018).

Destarte, na administração pública municipal, o entrevistado menciona a interação com a Zona Franca de Manaus, com foco específico na I4.0, indicando uma abordagem colaborativa para promover a modernização industrial na cidade. É possível verificar que há um esforço para instigar uma cultura de inovação, mas ainda está ligado à gestão atual, não sendo algo institucionalizado.

Com base nessa análise, pode-se inferir que há uma necessidade de focar mais na prontidão dos recursos humanos, na formação de equipes multidisciplinares e na colaboração externa para a transição para a I4.0. Além disso, é importante continuar a desenvolver competências, habilidades, políticas, cultura organizacional e incentivos, pois as rápidas transformações introduzidas pela I4.0 requerem equipes ágeis e interdisciplinares, capazes de adaptar-se às mudanças, a fim de conduzir a instituição para níveis superiores de eficiência (Chulanova, 2019; Stern *et al.*, 2018).

4.4 Diagnóstico geral com a identificação das lacunas e oportunidades

De forma a apresentar um diagnóstico geral das instituições estudadas, fundamentada no referencial teórico, na análise dos documentos e na percepção dos gestores públicos das três esferas, os resultados obtidos oferecem uma compreensão valiosa sobre a incorporação dos princípios da I4.0 no serviço público. O conjunto desses métodos revelaram um cenário desafiador, onde a cultura burocrática, a dependência da liderança centralizada e a lacuna de qualificação apresentam obstáculos à plena adoção da I4.0.

A literatura já identifica a natureza burocrática do setor público como uma barreira à inovação (OECD, 2018; Stern *et al.*, 2018). As entrevistas corroboram essa perspectiva, sugerindo que a rigidez estrutural pode dificultar a incorporação das tecnologias da I4.0. No entanto, os resultados também destacam a busca por qualificação, a conscientização da importância das tecnologias emergentes e a necessidade em criar equipes multidisciplinares. Esses padrões refletem as complexidades e oportunidades inerentes à transformação digital do setor público, ressaltando a necessidade de abordagens holísticas e estratégicas para garantir uma transição bem-sucedida para a I4.0 (Ghobakhloo, 2018; Hecklau *et al.*, 2016).

A dependência do gestor principal para tomada de decisões críticas também ilustra uma certa resistência à descentralização, um aspecto fundamental da I4.0 (Avitia-Carlos *et al.*, 2019; Hermann; Pentek; Otto, 2016). Essas observações ressoam com a literatura, que enfatiza a necessidade de uma cultura organizacional flexível e aberta à mudança para adotar plenamente os princípios da I4.0 (Mohelska; Sokolova, 2018).

A busca por equipes multidisciplinares, um princípio que visa maximizar a colaboração e a inovação, também é observada nas entrevistas. Os gestores públicos reconhecem a necessidade de uma equipe flexível, capaz de se adaptar a diferentes demandas. Entretanto, essa flexibilidade é frequentemente influenciada pela liderança do gestor principal, levantando questões sobre a autonomia dos servidores e a capacidade de tomar decisões independentes. Essa relação entre hierarquia e flexibilidade reflete a dinâmica complexa que a transição para a I4.0 apresenta, onde equipes multifuncionais e descentralização são cruciais para o sucesso (Chulanova, 2019; Mohelska; Sokolova, 2018; Karre *et al.*, 2017).

À vista disso, o Quadro 8 apresenta as lacunas de competências identificadas, com base nas entrevistas e nos documentos analisados, bem como no conhecimento teórico sobre a I4.0.

Quadro 8 – Lacunas de competências identificadas no estudo.

Dimensão	Eixo temático	Lacuna	Importância
Reconhecimento do Capital Humano	Habilidades técnicas	Falta de conhecimento em programação, análise de dados, e sistemas automatizados.	Estas são habilidades essenciais para operar e entender as tecnologias da I4.0.
Educação, Aprendizagem e Conhecimento	Treinamento e Desenvolvimento	Falta de programas de treinamento específicos para preparar servidores para a I4.0.	O treinamento específico é crucial para desenvolver as habilidades necessárias para a I4.0.
Cultura Digital	Cultura Organizacional	Falta de uma cultura que apoia a inovação e a mudança.	Uma cultura organizacional que apoia a inovação é crucial para a implementação bem-sucedida da I4.0.

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Quadro 8 – Lacunas de competências identificadas no estudo (continuação).

Dimensão	Eixo temático	Lacuna	Importância
Apoio da Liderança	Liderança e Políticas de Incentivo	Falta de líderes treinados em gestão de mudanças e inovação.	Líderes fortes são necessários para guiar a transição para a I4.0 e para incentivar a equipe a adotar novas tecnologias.
Formação de Equipes Multidisciplinares e Educação Corporativa	Preparação das equipes	Falta de diversidade em habilidades e conhecimentos entre os membros da equipe.	A I4.0 requer uma abordagem holística, que pode ser melhor alcançada através de equipes multidisciplinares.
Atitudes Comportamentais	Competências comportamentais	Falta de uma mentalidade de aprendizagem contínua e adaptabilidade.	A I4.0 requer uma mentalidade de mudança constante e aprendizagem contínua.

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Essas lacunas de qualificação precisam ser abordadas para que os servidores públicos estejam prontos para a transição para a I4.0. Ações estratégicas, como treinamento direcionado, mudanças nas políticas de incentivo e o desenvolvimento de uma cultura pró-inovação, podem ser passos importantes para preencher essas lacunas (Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018; Mohelska; Sokolova, 2018; Chulanova, 2019).

Nesse sentido, a Figura 20 apresenta sugestões de estratégias que a Administração Pública pode adotar, a fim de mitigar as lacunas identificadas em relação à I4.0.

Figura 20 – Sugestões estratégicas.

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Para abordar os desafios da transição para a I4.0, uma série de medidas deve ser considerada. Primeiramente, é crucial implementar programas de treinamento e desenvolvimento que estejam focados nas habilidades técnicas que a nova era industrial exige. Isso inclui competências como programação, análise de dados e operação de sistemas automatizados. Paralelamente, políticas de incentivo que recompensem desempenho e inovação devem ser estabelecidas. Nesse contexto, é importante que os líderes também sejam capacitados em gestão de mudanças e inovação para orientar suas equipes de forma eficaz (Van Laar *et al.*, 2020; Mohelska; Sokolova, 2018).

Outrossim, o investimento em desenvolvimento pessoal é indispensável. Treinamentos que incentivem a proatividade, a adaptabilidade e a aprendizagem contínua podem ajudar os funcionários a se ajustarem às demandas em constante evolução da I4.0. Para abordar lacunas de habilidades específicas, programas de treinamento direcionados devem ser criados para preparar os funcionários para os desafios futuros (Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018; Kusmin; Tammets; Ley, 2018).

Por fim, a cultura organizacional também precisa de ajustes. Políticas e práticas que incentivem a inovação, a colaboração e a aceitação da mudança devem ser implementadas. Mohelska e Sokolova (2018), ressaltam que desenvolver a cultura de

conhecimento da instituição, com a abordagem clara da natureza benéfica da I4.0, pode ser tão importante quanto medir os resultados financeiros ou tecnológicos. Uma forma eficaz de fazer isso é promovendo a formação de equipes compostas por membros com diferentes conjuntos de habilidades e conhecimentos. Isso permitirá abordar os desafios multifacetados da I4.0 de uma forma mais holística (Chulanova, 2019; CNI, 2017; Karre *et al.*, 2017).

Ademais, esta pesquisa, ao buscar avaliar a prontidão dos profissionais na Administração Pública, bem como a adaptabilidade a essa nova era, revelou uma série de oportunidades que podem ser aproveitadas para facilitar e acelerar a transição para I4.0.

Um dos pontos de destaque emergentes da pesquisa é a valorização da educação e capacitação. A Administração Pública, ao reconhecer a necessidade de treinamento técnico contínuo, está posicionada de forma única para atrair novos talentos que buscam aprimoramento constante e ambientes inovadores. Esta abordagem centrada na capacitação é um passo significativo em direção à adaptação às demandas da I4.0, conforme destaca o *World Economic Forum - WEF* (2016).

A receptividade à tecnologia e automação é outra oportunidade identificada. A pesquisa aponta que há uma crescente consciência da necessidade de adotar e integrar as novas tecnologias para impulsionar a eficiência e a segurança. Ghobakhloo (2018), enfatizou que a equipe de governança de TI deve realizar uma análise detalhada da infraestrutura de TI existente (por exemplo, redes, hardware e software de computador, sensores, controladores e atuadores) e identificar a abordagem mais significativa para usá-los em apoio à transição da I4.0

A experiência de lidar com órgãos que ainda estão em transição para a digitalização enfatiza ainda mais essa necessidade e, ainda, destaca a importância da colaboração externa, para além da integração interdepartamental. A Administração Pública se beneficiaria de um processo e mecanismos de coordenação que permitissem a melhoria da comunicação entre os diferentes órgãos, compartilhando recursos e trabalhando em conjunto (OCDE, 2018).

A mudança cultural dentro das organizações, embora represente um desafio, também é uma oportunidade. A criação de uma cultura que seja tanto adaptável quanto aberta à inovação é essencial para a transição bem-sucedida para a I4.0. A presença de

líderes visionários, capazes de conduzir essa mudança e promover a inovação, torna-se crucial nesse cenário, conforme salientam Van Laar *et al.* (2020) e Mohelska e Sokolova (2018). Corroborando, o relatório da OCDE (2018), ressalta que a identificação de uma função institucional para liderar e orientar a coordenação estratégica de inovação e inserção de tecnologias ajudaria a realizar essa transição, como por exemplo, um Diretor de Transformação Digital.

Além disso, a ênfase na análise de dados e na tomada de decisões baseadas em entendimentos concretos sugere um movimento em direção a práticas mais objetivas. Este foco no uso de dados para orientar a tomada de decisão não é apenas um reflexo da era da I4.0, mas também uma oportunidade para a Administração Pública operar de forma mais eficaz e transparente. Nesse sentido, o estudo desenvolvido pela OCDE (2018) inferiu que beneficiar-se das tecnologias digitais e fazer melhor uso dos dados dentro e fora do setor público ajudaria o país a desenvolver serviços digitais mais eficientes, baseados na colaboração e orientados para os cidadãos.

Em resumo, a pesquisa revelou que, embora existam desafios inerentes à transição para a I4.0 na Administração Pública, existem também muitas oportunidades. É crucial avaliar continuamente essas oportunidades e abordar os desafios de forma proativa, para garantir que as estratégias adotadas sejam eficazes em preparar os servidores públicos para a transição para a I4.0 (Erol *et al.*, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar os padrões profissionais dos recursos humanos na Administração Pública, face à I4.0.

Os resultados do estudo demonstraram que, atualmente, a força de trabalho nos órgãos públicos do Amazonas apresentam um perfil profissional diversificado e qualificado. As entrevistas revelaram, ainda, que grande parte dos servidores possui formação superior, com uma gama variada de formações, indicando uma riqueza de conhecimentos técnicos e especializados. Contudo, enquanto a educação formal está presente, há uma necessidade destacada de treinamentos e capacitações específicas, principalmente voltadas para as tecnologias emergentes da I4.0.

Nesse sentido, existe consciência da importância das competências dos servidores exigidas para o desenvolvimento da I4.0. A qualificação técnica e acadêmica dos servidores é altamente valorizada. No entanto, há uma preocupação crescente com a necessidade de atualização e desenvolvimento contínuos de habilidades, especialmente para aqueles que estão na instituição há muitos anos.

Foi possível comprovar, ainda, que as atitudes comportamentais em relação à tecnologia variam, mas geralmente incluem uma mistura de entusiasmo e resistência. O entusiasmo muitas vezes vem da percepção de que a tecnologia pode tornar os processos mais eficientes e eficazes, enquanto a resistência parece estar mais ligada a fatores culturais e talvez à falta de familiaridade ou conforto com novas tecnologias.

Também é clara a existência de uma divisão geracional em relação à aceitação da tecnologia. Os servidores mais jovens parecem estar mais sintonizados com as demandas da era digital, enquanto os mais velhos frequentemente mostram alguma resistência. Essa divisão é ainda mais evidenciada pelo fato de que a liderança nas instituições está ciente da necessidade de avançar na direção da I4.0. Eles estão tomando medidas para facilitar essa transição, mas frequentemente se veem limitados por restrições orçamentárias.

Dessa forma, a questão financeira emerge quando se fala em treinamento e desenvolvimento. Enquanto há um esforço para capacitar o pessoal, muitas vezes esse esforço é direcionado para necessidades imediatas em detrimento de uma estratégia de desenvolvimento de longo prazo. Isso sugere que, embora haja uma abertura para

abordagens colaborativas e formação de equipes multidisciplinares, a implementação prática ainda é um desafio.

As entrevistas também indicaram a necessidade de uma mentalidade mais inovadora e aberta à mudança. Os achados apontam que a cultura organizacional, como um todo, tem um impacto significativo na prontidão para a transformação digital e a I4.0. Isso inclui a eficácia na gestão de pessoas, nível de responsabilidade e *accountability*, e a capacidade de colaboração interdisciplinar.

Os resultados da análise documental demonstraram que há iniciativas institucionalizadas voltadas para a inserção ou incentivo do uso das tecnologias habilitadoras da I4.0 no ambiente organizacional. Todavia, não foi possível identificar iniciativas de desenvolvimento de competências não técnicas. Nessa fase da pesquisa, resta evidente a existência de parcerias externas para o incentivo e fomento da inovação e tecnologia.

As respostas dos entrevistados evidenciaram, também, para uma lacuna notável entre a realidade e o ideal. Eles destacam a burocracia presente na cultura administrativa como um desafio, dificultando a implantação efetiva de sistemas informatizados. A cultura organizacional burocrática muitas vezes valoriza a conformidade com regras e procedimentos estabelecidos, o que pode dificultar a adoção de abordagens mais flexíveis e inovadoras da I4.0. Além disso, a estrutura hierárquica pode limitar a agilidade e a autonomia necessárias para a implementação efetiva das tecnologias da I4.0.

Ademais, questões de privacidade e legados de sistemas antigos também são vistos como desafios inerentes ao serviço público. Nesse sentido, as despesas com TIC, exigem a adoção de planejamento estratégico, a fim de melhorar o retorno e a sustentabilidade desses investimentos no setor público brasileiro, otimizando a sua capacidade orçamentária.

Outrossim, foi possível identificar as lacunas de competências e sugerir uma abordagem estratégica para enfrentar os desafios que a Administração Pública enfrentará na transição para I4.0. Há uma grande área de melhoria em termos de desenvolver a cultura de conhecimento sobre a I4.0 aos servidores e líderes, a fim de engajá-los na inserção e adaptação de novas tecnologias.

Ainda, a investigação revelou a necessidade patente de desenvolvimento de competências sociais, que abordem habilidades não técnicas, como comunicação efetiva, trabalho em equipe, liderança, resolução de problemas e pensamento crítico. Encorajar o aprendizado colaborativo e a troca de conhecimentos, de maneira que os servidores mais experientes orientem e compartilhem suas experiências com aqueles que estão desenvolvendo suas competências não técnicas, por meio de grupos de discussão, comunidades de prática e eventos de *networking*, surgem como estratégia para mitigar essa deficiência. Essas relações de apoio podem fornecer orientação, *feedback* construtivo e oportunidades de aprendizado personalizado.

Nessa perspectiva, a transição do serviço público para a I4.0 é influenciada por uma variedade de fatores, incluindo capital humano, cultura organizacional, liderança e restrições orçamentárias. Transitar com sucesso por esses desafios será crucial para a implementação bem-sucedida da I4.0 no setor público.

Convém destacar como limitação a esta pesquisa, a baixa frequência de publicação de documentos nos sítios oficiais das instituições investigadas, com um acervo documental predominantemente desatualizado, deixando de publicizar as iniciativas institucionais que denotem afinidade com o tema estudado e, inclusive, sobre a própria estrutura e organização da entidade.

Além disso, essa pesquisa se baseia em um número relativamente pequeno de entrevistas, o que pode não fornecer uma imagem completa ou representativa da população mais ampla de servidores públicos ou instituições governamentais. Um estudo de cunho qualitativo não possibilita a obtenção de resultados generalizáveis, uma vez que se trata de uma técnica em permanente revisão, precisando, pois, de constante estudo.

O recorte temporal do estudo é outro fator limitante, pois ele foi conduzido em um período específico e pode não capturar mudanças dinâmicas que ocorram ao longo do tempo. Além disso, as conclusões tiradas têm um foco no setor público e podem não ser totalmente aplicáveis a outros setores.

No que diz respeito às direções futuras para a pesquisa, seria útil realizar estudos longitudinais para capturar as mudanças ao longo do tempo e avaliar a eficácia das estratégias implementadas. Nesse sentido, estudos futuros poderiam também se concentrar em desafios específicos, como questões de privacidade e legados de sistemas

antigos, e poderiam se beneficiar da incorporação de abordagens interdisciplinares que envolvam campos como ciência da computação, psicologia organizacional e gestão de mudanças.

Além disso, recomenda-se que novos estudos explorem as percepções e experiências dos servidores públicos e da sociedade em geral. Incluir os pontos de vista dos servidores públicos poderá oferecer uma visão sobre as realidades cotidianas, desafios operacionais e aspirações dentro dessas burocracias, proporcionando uma compreensão holística de como os avanços tecnológicos e outras iniciativas são recebidos por aqueles diretamente envolvidos nas operações diárias. Ao mesmo tempo, incorporar a perspectiva da sociedade em geral é igualmente crucial, lançando luz sobre o impacto social e a eficácia dessas iniciativas e políticas, assim como das implicações da inovação tecnológica na prestação de serviços.

6 CONTRIBUIÇÕES

Dentre as principais contribuições advindas da pesquisa, destaca-se aquelas direcionadas para o âmbito acadêmico, econômico e social.

6.1 Contribuições Acadêmicas

A pesquisa sobre a prontidão dos recursos humanos para a I4.0 no âmbito do serviço público no Amazonas oferece um valioso acréscimo ao corpo acadêmico existente. Até o momento, a literatura em torno da I4.0 tem sido predominantemente focada no setor privado e nas economias industriais avançadas. Ao explorar este tópico dentro do contexto do serviço público brasileiro, particularmente no estado do Amazonas, esta pesquisa preenche uma lacuna importante, fornecendo compreensões sobre os desafios e oportunidades específicos enfrentados por esta região e setor, oriundos da aplicação de conhecimentos correlatos à engenharia de produção.

6.2 Contribuições Econômicas

As compreensões geradas por este estudo têm implicações diretas para a formulação de políticas e estratégias de desenvolvimento econômico no Amazonas. Identificar as áreas de lacuna e as necessidades de treinamento no serviço público pode direcionar investimentos específicos em capacitação, tecnologia e infraestrutura. Ao garantir que os servidores públicos estejam bem equipados para a era da I4.0, o estado pode esperar melhorias na eficiência, produtividade e, finalmente, na prestação de serviços ao público, o que pode catalisar o crescimento econômico e a inovação na região.

6.3 Contribuições Sociais

À medida que a I4.0 se torna mais prevalente, sua integração na administração pública tem o potencial de transformar a vida dos cidadãos. Esta pesquisa destaca a

importância de preparar os recursos humanos para adotar novas tecnologias que podem melhorar a acessibilidade e eficácia dos serviços públicos. Ao fazer isso, pode-se esperar um impacto social positivo, desde a redução dos tempos de espera e a melhoria da qualidade dos serviços até a criação de um ambiente mais inclusivo e conectado para os cidadãos.

A adoção da I4.0 no serviço público não é apenas uma questão de avanço tecnológico, mas também de evolução social e econômica. Esta pesquisa, ao explorar a prontidão dos recursos humanos para tal transformação, ressalta a necessidade de um compromisso contínuo com a formação, a inovação e a adaptação. As contribuições deste estudo, portanto, têm o potencial de influenciar decisões políticas, moldar estratégias de desenvolvimento e, em última análise, melhorar a vida dos cidadãos do Amazonas.

REFERÊNCIAS

- AIRES, Regina Wundrack do Amaral; MOREIRA, Fernanda Kempner; FREIRE, Patrícia de Sá. Indústria 4.0: Competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. *In: Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação-ciki*. Foz do Iguaçu/PR: 2017, vol.1, n. 1, p. 1–15. Disponível em: <https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/314%0A>. Acesso em: 30 abr. 2022.
- AL AMIRI, Nabeel; ABU SHAWALI, Ahlam. Talent management strategies of a public uae hospital in the industry 4.0 ERA: A qualitative analysis. **Problems and Perspectives in Management**, v. 19, n. 1, p. 14-27, 2021.
- ALBERTIN, Marcos Ronaldo *et al.* Principais Inovações Tecnológicas Da Indústria 4.0 E Suas Aplicações E Implicações Na Manufatura. *In: XXIV Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, São Paulo: SIMPEP, 2017. p. 13. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/60805>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- ANTOSZ, Katarzyna. Maintenance–identification and analysis of the competency gap. **Eksploracja i Niezawodność**, Rzeszów, Poland, v. 20, n. 3, p. 35–959, 2018.
- ARUN, K.; KRISHNAKUMAR, U; DAS, Dayana. Convergence of csr and industry 4.0. recent trends in indian public sector enterprises. *In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Detroit, Michigan: [s. n.], 2020. p. 3955–3961.
- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, [s. l.], v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.
- AVITIA-CARLOS, Patricia *et al.* Conditions for the Development of Industry 4.0 from the Human Capital Technological Competences Perspective. **Revista de Ciências Tecnológicas**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 159–165, 2019.
- BABICEANU, Radu F.; SEKER, Remzi. Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 81, p. 128–137, 2016.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**: edição revista e ampliada. São Paulo: Edições, 2016. v. 70
- BARRETO, Alcyrus Vieira Pinto; HONORATO, Cezar de Freitas. **Manual de sobrevivência na selva acadêmica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Objeto Direto, 1998.
- BENEŠOVÁ, Andrea; TUPA, Jiří. Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 11, p. 2195–2202, 2017.
- BLANCO-NOVOA, Oscar *et al.* A Practical Evaluation of Commercial Industrial Augmented Reality Systems in an Industry 4.0 Shipyard. **IEEE Access**, [s. l.], v. 6, p. 8201–8218, 2018.
- BUTT, Javid. Exploring the interrelationship between additive manufacturing and industry 4.0. **Designs**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 1–33, 2020.
- CANONGIA, Claudia; MANDARINO JUNIOR, Raphael. Segurança cibernética: o desafio da nova Sociedade da Informação. **Parcerias Estratégicas**, [s. l.], v. 14, n. 29,

p. 21–46, 2010. Disponível em: <http://www.campus-party.com.br/index.php/release->. Acesso em: 30 jun. 2022.

CARVALHO, Paulo Sergio Melo de. **A defesa cibernética e as infraestruturas críticas nacionais**. Brasília: Coleção Meira Mattos-Revista das Ciências Militares, 2011.

CHULANOVA, Zauze K. Professional standards as a factor of adaptation of human resources to the Industry 4.0: approaches to development and implementation. **Journal of Human Resource Management**, Slovakia, v. 22, n. 1, p. 12–20, 2019. Disponível em: www.jhrm.eu. Acesso em: 04 abr. 2022.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0 Towards Industry 4.0**. 2016. 65 f. - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/36992>. Acesso em: 24 jun. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Relações trabalhistas no contexto da indústria 4.0**. Brasília: CNI, 2017. Disponível em: http://conexaotrabalho.portaldaindustria.com.br/media/publication/files/Relacoes_trabalhistas_web.pdf. Acesso em: 7 mai. 2022.

DE PÁDUA, Elisabete Matallo M. **Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática**. 18ªed. [S. l.]: Papirus, 2019.

DESPEISSE, Mélanie; FORD, Simon. The role of additive manufacturing in improving resource efficiency and sustainability. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**. [S. l.]: Springer New York LLC, 2015. p. 129–136.

DOMBROWSKI, Uwe; RICHTER, Thomas; KRENKEL, Philipp. Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 11, p. 1061–1068, 2017.

EJSMONT, Krzysztof. The impact of industry 4.0 on employees—insights from Australia. **Sustainability**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 3095, 2021.

EROL, Selim *et al.* Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 54, p. 13–18, 2016.

EVANS, Dave. **A Internet das Coisas: Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo**. [S. l.]: Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2011.

FITSILIS, Panos; TSOUTSA, Paraskevi; GEROGIANNIS, Vassilis. Industry 4.0: Required personnel competences. **International Scientific Journal “Industry 4.0”**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 130–133, 2018.

FONSECA, Regina Célia Veiga da. **Metodologia do Trabalho Científico**. 1.ed. Curitiba: IESDE, 2012. *E-book*. Disponível em: www.iesde.com.br. Acesso em: 5 jun. 2022.

FRAGA-LAMAS, Paula *et al.* A Review on Industrial Augmented Reality Systems for the Industry 4.0 Shipyard. **IEEE Access**, [s. l.], v. 6, p. 13358–13375, 2018. Disponível em: http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html for. Acesso em: 2 mai. 2022.

FREDRIKSSON, Cecilia *et al.* Big Data in the Public Sector: A Systematic Literature Review. **Scandinavian Journal of Public Administration**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 39–62, 2017. Disponível em:

<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed14&NEWS=N&AN=365050985>. Acesso em: 2 mai. 2022.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **A economia da inovação industrial**. 1ªed. Campinas: Edidora da UNICAMP, 2008. *E-book*. Disponível em: <http://www.sbsociologia.com.br/revista/index.php/RBS/article/view/82>. Acesso em: 30 jun. 2022.

GHOBAKHLOO, Morteza. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 910–936, 2018.

GONÇALVES, Caio Gonzales *et al.* Indústria 4.0 - Integração de Sistema. **Pesquisa e Ação**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 75–92, 2019.

GRAY, David E. **Pesquisa no mundo real**. [S. l.]: Penso Editora, 2016.

GRZELCZAK, A.; KOSACKA, M.; WERNER-LEWANDOWSKA, K. Employees competences for industry 4.0 in Poland—preliminary research results. In: **24th International Conference on Production Research, ICPR 2017**, Poznan, Poland, p. 139–144, 2017.

HALEEM, Abid; JAVAID, Mohd. Additive Manufacturing Applications in Industry 4.0: A Review. **Journal of Industrial Integration and Management**, [s. l.], v. 04, n. 04, p. 1930001, 2019.

HARTMANN, Ernst Andreas; BOVENSCHULTE, Marc. Skills Needs Analysis for “Industry 4.0” based on Roadmaps for Smart Systems. In: **Using Technology Foresights for Identifying Future Skills Needs. Global Workshop Proceedings**, Moscow, p. 24–36, 2013. Disponível em: http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf. Acesso em: 28 jun. 2022.

HECKLAU, Fabian *et al.* Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 54, p. 1–6, 2016.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)**, [s. l.], p. 3928–3937, 2016. Disponível em: www.snom.mb.tu-dortmund.de. Acesso em: 30 jun. 2022.

IMRAN, Faisal; KANTOLA, Jussi. Review of industry 4.0 in the light of sociotechnical system theory and competence-based view: A future research agenda for the evolutive approach. In: **International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics**. Springer International Publishing, 2019. p. 118–128.

JERMAN, Andrej; BACH, Mirjana Pejić; BERTONCELJ, Andrej. A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories. **Machines**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 41, 2018.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry. **Final report of the Industrie 4.0**. Working Group. Berlin, Germany: Forschungsunion, 2013.

KARRE, Hugo *et al.* Transition towards an Industry 4.0 State of the LeanLab at Graz

- University of Technology. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 9, p. 206–213, 2017.
- KNIES, Eva *et al.* Special issue of international journal of human resource management, strategic human resource management and public sector performance. **The International Journal of Human Resource Management**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 421–424, 2015.
- KRIPKA, Rosana Maria Luvezute; SCHELLER, Morgana; BONOTTO, Danusa de Lara. Pesquisa Documental: considerações sobre conceitos e características na Pesquisa Qualitativa. In: **Congresso Ibero-Americano de Investigação Qualitativa (CIAIQ2015)**, [s. l.], v. 2, p. 243–247, 2015. Disponível em: <http://ciaiq.org/?lang=pt>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- KUSMIN, Kadri Liis; TAMMETS, Kairit; LEY, Tobias. University-industry Interoperability Framework for Developing the Future Competences of Industry 4.0. **Interaction Design and Architecture(s)**, [s. l.], v. 38, p. 28–45, 2018.
- LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung An. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, [s. l.], v. 3, p. 18–23, 2015.
- LEITÃO, Paulo; COLOMBO, Armando Walter; KARNOUSKOS, Stamatis. Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 81, p. 11–25, 2016.
- LEITE, Ana Marta Xavier Ferreira. **A problemática da cibersegurança e os seus desafios**. [S. l.]: CEDIS Working Papers, ISSN 2184-0776, n. 49, 2016.
- LI, C H; LAU, H. K. A critical review of maturity models in information technology and human landscapes on industry 4.0. In: **2019 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)**. [S. l.]: IEEE, 2019. p. 1575–1579.
- LIAO, Yongxin *et al.* The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. **Production**, [s. l.], v. 28, 2018.
- LIMA, Faíque Ribeiro; GOMES, Rogério. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, [s. l.], v. 19, p. 1–30, 2020.
- LOBO, Luiz Carlos. Inteligência Artificial e Medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 41, n. 2, p. 185–193, 2017.
- LONG, Cu Kim *et al.* A big data framework for E-Government in Industry 4.0. **Open Computer Science**, v. 11, n. 1, p. 461479, 2021.
- MALHOTRA, Charru; ANAND, Rashmi; SONI, Vivek. Creating Public Services 4.0: Sustainable Digital Architecture for Public Services in India. **Indian Journal of Public Administration**, [s. l.], v. 66, n. 3, p. 327–342, 2020.
- MCKENNEY, Martin J.; HANDLEY, Holly A. Using the DSRM to Develop a Skills Gaps Analysis Model. **IEEE Engineering Management Review**, [s. l.], v. 48, n. 4, p. 102–119, 2020.
- MEHRPOUYA, Mehrshad *et al.* The potential of additive manufacturing in the smart factory industrial 4.0: A review. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 9, n. 18, p. 3865, 2019.
- METZKER, Gabriela Felipe Rodrigues. Relato do percurso metodológico para a construção de objeto empírico. In: **XVI Congresso de Ciências da Comunicação na**

Região Sudeste. São Paulo: INTERCOM, 2011. p. 15.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Análise qualitativa: Teoria, passos e fidedignidade. **Ciencia & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 621–626, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000300007>. Acesso em: 22 jun. 2022.

MOHELKA, Hana; SOKOLOVA, Marcela. Management approaches for industry 4.0 – The organizational culture perspective. **Technological and Economic Development of Economy**, [s. l.], v. 24, n. 6, p. 2225–2240, 2018.

MOZZATO, Anelise Rebelato; GRZYBOVSKI, Denize. Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 731–747, 2011. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/rac>. Acesso em: 30 jun. 2022.

MÜLLER, Julian Marius; BULIGA, Oana; VOIGT, Kai Ingo. Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 132, p. 2–17, 2018.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2018), Digital Government Review of Brazil: Towards the Digital Transformation of the Public Sector, **OECD Digital Government Studies**, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264307636-en>. Acesso em: 24 abr. 2023.

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

PAELKE, Volker. Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0. environment. In: **Proceedings of the 2014 IEEE emerging technology and factory automation (ETFA)**. IEEE, 2014. p. 1–4.

PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 1–9, 2018.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Cesar de Freitas. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ªed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PWC. **Indústria 4.0: Construir a empresa digital**. Global Industry 4.0. Portugal: PricewaterhouseCoopers, 2016. Disponível em: www.pwc.pt/industria40. Acesso em: 4 abr. 2022.

ROMERO, David *et al.* The operator 4.0: Human cyber-physical systems & adaptive automation towards human-automation symbiosis work systems. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, Springer, Cham, v. 488, p. 677–686, 2016.

RÜBEL, Sarah *et al.* A maturity model for business model management in industry 4.0. In: **Multikonferenz Wirtschaftsinformatik**. Lüneburg, Germany: Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Wirtschaftsinformatik, 2018. p. 6-9.

RÜSSMANN, Michael; *et al.* Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. **Boston consulting group**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 54–89, 2015.

- RUSSOM, Philip. Big Data Analytics. **TDWI best practices report, fourth quarter**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 1–34, 2011.
- SACOMANO, José Benedito *et al.* **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blücher, 2018.
- SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 480–491, 2018.
- SANTOS, B.P. *et al.* Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 13, 2018. Disponível em: <http://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- SANTOS, Kássio *et al.* Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 11, p. 1358–1365, 2017.
- SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. [S. l.]: Edipro, 2019.
- SCHWAB, Wolfgang; POUJOL, Mathieu. The State of Industrial Cybersecurity 2018. **Trend Study Kaspersky Reports**, v. 33, 2018.
- SHEVYAKOVA, Anna *et al.* Competence development for Industry 4.0: Qualification requirements and solutions. **Insights into Regional Development**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 124–135, 2021.
- SKORKOVÁ, Zuzana. Competency Models in Public Sector. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 230, p. 226–234, 2016.
- STERN, Sebastian *et al.* Public Services Government 4.0—the public sector in the digital age. **Leading in a disruptive World. McKinsey & Company Visual**, 2018.
- STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 40, p. 536–541, 2016.
- SYED, Rehan *et al.* Getting it right! Critical success factors of BPM in the public sector: A systematic literature review. **Australasian Journal of Information Systems**, [s. l.], v. 22, p. 1–39, 2018.
- TORTORELLA, Guilherme Luz; FETTERMANN, Diego. Implementation of industry 4.0 and lean production in brazilian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 56, n. 8, p. 2975–2987, 2018.
- TROPIA, Célio Eduardo Zacharias; SILVA, Pedro Paulo; DIAS, Ana Valéria Carneiro. Indústria 4.0: Uma caracterização do sistema de produção. In: **XVII Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão Tecnológica**. [S. l.]: ALTEC, 2017. p. 14.
- USTUNDAG, Alp; CEVIKCAN, Emre. **Industry 4.0: managing the digital transformation**. 1. ed. [S. l.]: Springer, 2017.
- VAIDYA, Saurabh; AMBAD, Prashant; BHOSLE, Santosh. Industry 4.0 - A Glimpse. **Procedia Manufacturing**, v. 20, p. 233–238, 2018.
- VALLOR, Shannon; BEKEY, George A. **Artificial Intelligence and the Ethics of Self-learning Robots**. [S. l.]: Oxford University Press, 2017. Disponível em: <http://scholarcommons.scu.edu/phi>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- VAN LAAR, Ester *et al.* Determinants of 21st-Century Skills and 21st-Century Digital Skills for Workers: A Systematic Literature Review. [S. l.]: **Sage Publications Inc.**, 2020.

- VAQUERO, Luis M *et al.* A break in the clouds. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 50–55, 2008.
- VOLPATO, Neri; CARVALHO, Jonas de. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Neri Volpato, org, 2017.
- WASISTIONO, Sadu. Aspek Pemerintahan Dan Perubahan Komprehensif Era Digital. **Jurnal Ilmu Pemerintahan Widya Praja**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 1–16, 2019.
- WEF, World Economic Forum. **The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution**. Global Challenge Insight Report. Geneva, Switzerland: WEF, 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf. Acesso em: 24 jun. 2022.
- YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. [S. l.]: Bookman, 2015.
- ZHANG, Qi; CHENG, Lu; BOUTABA, Raouf. Cloud computing: State-of-the-art and research challenges. **Journal of Internet Services and Applications**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 7–18, 2010.
- ZHAO, Yuelong *et al.* Research on cloud storage architecture and key technologies. **ACM International Conference Proceeding Series**, [s. l.], v. 403, p. 1044–1048, 2009.

APÊNDICE

Modelo de roteiro de entrevista semiestruturada aplicada aos Gestores Públicos.

Dimensão	Objetivo	Variáveis	Base Teórica	Questões
1. Reconhecimento do Capital Humano	Identificar as necessidades de conhecimento e habilidades no âmbito das atividades desenvolvidas.	-Autopercepção de capacitação e qualificação presentes e almejadas; -Exigências de capacitação técnica do cargo; -Lacunas de capital humano especializado;	(Antosz, 2018; Chulanova, 2019; Hecklau <i>et al.</i> , 2016; Imran; Kantola, 2019; Jerman; Bach; Bertoncej, 2018)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Como você avalia a qualidade dos recursos humanos na sua organização? 2. Na sua percepção, como o treinamento ofertado pela instituição pode possibilitar o desenvolvimento técnico dos recursos humanos? 3. Na sua percepção, quais as áreas na sua organização enfrentam maiores dificuldades pela ausência de recursos humanos qualificado? 4. Na sua percepção, quais estratégias a sua organização poderia adotar para desenvolver competências e habilidades profissionais nos servidores?
2. Educação, Aprendizagem e Conhecimento	Verificar o nível de formação e qualificação da força de trabalho.	-Formação Acadêmica; - Especialização e Atualização Curricular; -Cursos Técnicos e Profissionalizantes	(Arun; Krishnakumar; Das, 2020; Avitia-Carlos <i>et al.</i> , 2019; Chulanova, 2019; Hecklau <i>et al.</i> , 2016)	<ol style="list-style-type: none"> 5. Como você avalia a educação formal dos servidores da sua instituição? 6. Como você avalia a importância de formação continuada e aperfeiçoamento profissional?
3. Cultura Digital	Identificar qual a dimensão de interação das atividades com sistemas e máquinas e a adesão do capital humano à digitalização dos processos.	- Quantidade de sistemas utilizados na execução das atividades; - Nível de domínio das atividades em sistemas de informação;	(Mohelska; Sokolova, 2018; Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018)	<ol style="list-style-type: none"> 7. Como você considera o alinhamento das estratégias e cultura organizacional de sua organização para a Indústria 4.0? 8. Como você avalia o nível de domínio dos servidores em relação às atividades que utilizam sistemas de informação?

		<p>-Conhecimento e domínio das TICs;</p> <p>-Acesso à Internet, máquinas, equipamentos adequados.</p>		<p>9. Como você avalia a importância das novas tecnologias, como automação de tarefas repetitivas, análise de dados e computação em nuvem, para possibilitar o desenvolvimento das atividades na sua organização?</p> <p>10. Como você avalia a preparação das pessoas (resistências às mudanças, abertura à inovação e desenvolvimento de competências) de sua organização para digitalização e novas tecnologias?</p>
4. Apoio da Liderança	Avaliar o compromisso da alta administração em implementar políticas de incentivo à qualificação e investimento em inovação.	<p>-Programas de treinamento em competências digitais;</p> <p>- Política claramente definida e Planejamento de longo médio e longo prazo;</p> <p>-Iniciativa para difusão do conhecimento sobre como as tecnologias exponenciais funcionam e qual sua importância para gestão;</p> <p>-Apoio às soluções inovadoras e adesão de novas tecnologias.</p>	(Chulanova, 2019; Mohelska; Sokolova, 2018)	<p>11. Como você avalia as políticas de incentivo à qualificação e aperfeiçoamento profissional em competências digitais dos servidores da sua instituição?</p> <p>12. Como você avalia o papel da alta administração na sua instituição, quanto à apresentação de políticas claras de apoio à inovação e adesão às novas tecnologias?</p> <p>13. Como você avalia a importância da adoção de novas tecnologias para a gestão pública?</p>
5. Formação de Equipes Multidisciplinares e Educação Corporativa	Avaliar a capacidade de interação com diferentes áreas do conhecimento e desenvolvimento de múltiplas aptidões, cooperação para o desenvolvimento de competências coletivas e capacidade de transferência de conhecimentos e	<p>-Programas interdisciplinares de treinamento;</p> <p>-Existência de manuais de procedimento.</p>	(Chulanova, 2019; CNI, 2017; Karre <i>et al.</i> , 2017)	<p>14. Na sua percepção, como você avalia a capacidade de interação com diferentes áreas do conhecimento e desenvolvimento de múltiplas aptidões das equipes da sua instituição?</p> <p>15. Como você avalia a capacidade de transferência de conhecimentos, experiências e habilidades desenvolvidas nas atividades desempenhadas dentro da sua organização?</p>

	habilidades desenvolvidas nas atividades desempenhadas.			
6. Atitudes Comportamentais	Avaliar a percepção dos funcionários em relação as atitudes comportamentais necessárias à I4.0.	<ul style="list-style-type: none"> -Flexibilidade; -Tomada de decisão; -Autoaprendizagem; -Criatividade; -Pensamento Crítico; -Agir sob pressão; -Trabalho em equipe; -Comunicação; -Adaptabilidade. 	(Fitsilis; Tsoutsas; Gerogiannis, 2018; Hecklau <i>et al.</i> , 2016; Imran; Kantola, 2019; Jerman; Bach; Bertoneclj, 2018; Karre <i>et al.</i> , 2017; Van Laar <i>et al.</i> , 2020)	16. Como avalia as competências dos seus recursos humanos quanto aos requisitos da I4.0 - Competências não técnicas, tais como Flexibilidade, Tomada de decisão, Autoaprendizagem, Criatividade, Pensamento Crítico, Agir sob pressão, Trabalho em equipe, Comunicação e Adaptabilidade?
7. Colaboração Externa em Tópicos da Indústria 4.0	Avaliar se a organização está envolvida em parcerias com outras entidades para promover a adoção da Indústria 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> -Iniciativas de <i>Benchmarking</i>; - Parcerias com outras entidades externas à instituição para desenvolvimento de tecnologias e inovação; -Existência de parcerias público-privadas para financiamento de estudos, capacitação ou investimento em crescimento tecnológico. 	(Chulanova, 2019; Hecklau <i>et al.</i> , 2016)	17. Até que ponto a sua organização institucionaliza a colaboração em tópicos da Indústria 4.0 junto com parceiros externos como faculdades, universidades, escolas de governo, indústrias, outros órgãos ou fornecedores?