



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RENATO DE MORAES FERREIRA  
WALLISSON FERNANDO TAVARES**

**COMPETÊNCIAS CAPAZES DE MITIGAR AS BARREIRAS VIVENCIADAS  
DURANTE A DIGITALIZAÇÃO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO.**

**JOÃO MONLEVADE**

**2021**

RENATO DE MORAES FERREIRA  
WALLISSON FERNANDO TAVARES

**COMPETÊNCIAS CAPAZES DE MITIGAR AS BARREIRAS VIVENCIADAS  
DURANTE A DIGITALIZAÇÃO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Luciana Paula Reis

**JOÃO MONLEVADE**

**2021**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

T231c Tavares, Wallisson Fernando .

Competências capazes de mitigar as barreiras vivenciadas durante a digitalização do processo de manutenção. [manuscrito] / Wallisson Fernando Tavares. Renato Moraes Ferreira. - 2021.  
98 f.: il.: color., gráf..

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Paula Reis.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Competências essenciais . 2. Indústrias - Manutenção produtiva total. 3. Processos - Digitalização . I. Ferreira, Renato Moraes. II. Reis, Luciana Paula. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Renato Moraes Ferreira**  
**Wallisson Fernando Tavares**

**Competências capazes de mitigar as barreiras vivenciadas durante a digitalização do processo de manutenção**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 13 de dezembro de 2021

### Membros da banca

Profa. Dra. Luciana Paula Reis - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto  
Profa. Dra. Alana Deusilan Sester Pereira - Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof. Dr. Paganini Barcellos de Oliveira - Universidade Federal de Ouro Preto  
Mestranda Raphaella Ferreira Cordeiro - Universidade Federal de Ouro Preto

Profa. Dra. Luciana Paula Reis, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 20/12/2021



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Paula Reis, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/12/2021, às 20:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0261177** e o código CRC **216F1605**.

Dedicamos este trabalho aos nossos pais que  
sempre nos apoiaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos concedeu o privilégio de chegar até aqui, por toda força, capacitação e sabedoria para conseguirmos vencer cada obstáculo.

Aos nossos pais, pelas orações, pelo incentivo, apoio e por serem nosso alicerce.

Aos familiares, por todo apoio, dedicação e carinho.

Aos amigos, pelo companheirismo e pelas experiências compartilhadas, que nos permitiram caminhar juntos e enfrentar os desafios.

A nossa orientadora Luciana Paula Reis, pela disponibilidade e ensinamentos.

A nossa amiga Ketelly Cota, pelo apoio e incentivo.

Por fim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização e sucesso de nosso trabalho, nosso muito obrigado!

“Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando, refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar. ”

(Paulo Freire)

## RESUMO

A digitalização é o aspecto chave da quarta revolução industrial, uma vez que propicia o acesso e compartilhamento de informações em tempo real dentro das organizações, gerando melhorias de competitividade e eficiência industrial. A digitalização da manutenção, por sua vez, possibilita otimizar o gerenciamento dos ativos. Apesar das vantagens alcançadas, as organizações enfrentam diversas barreiras pelas equipes durante a implementação de tecnologias da manutenção 4.0, que poderiam ser mitigadas a partir do desenvolvimento de algumas competências. A literatura não apresenta uma relação clara entre as competências e as barreiras enfrentadas tanto pelos usuários das tecnologias quanto pela equipe de implementação de projetos da manutenção 4.0. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é identificar quais competências são capazes de mitigar as barreiras vivenciadas por essas equipes do processo de digitalização da manutenção baseada na inspeção, em uma siderúrgica. Diante disso, foi realizado um estudo de caso, onde a coleta de dados se deu por meio de entrevistas com sete colaboradores envolvidos no processo de digitalização da manutenção. O resultado desta pesquisa aponta que a barreira mais vivenciada pela equipe da implementação é a “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores” e pelos usuários é a “Falta de habilidades digitais”. Por fim, a “Motivação para aprender” foi a competência considerada tanto pelos usuários quanto pela equipe de implementação como aquela capaz de mitigar o maior número de barreiras.

**Palavras chave:** Digitalização de processo, barreiras, competências, Indústria 4.0.



## **ABSTRACT**

Digitization is the key aspect of the fourth industrial revolution, as it provides real-time access and sharing of information within organizations, generating special improvements and industrial efficiency. Digitizing maintenance, in turn, makes it possible to optimize asset management. Despite the advantages achieved, the associations face several barriers for the teams during the implementation of 4.0 maintenance technologies, which can be mitigated by developing some competencies. The literature does not present a clear relationship between the competencies and barriers faced by both technology users and the maintenance 4.0 project implementation team. Thus, the objective of this work is to identify which competencies are capable of mitigating the barriers experienced by these teams in the data-based maintenance digitization process in a steel mill. Therefore, a case study was carried out, where data collection took place through identification with seven employees involved in the maintenance digitization process. The result of this research indicates that the barrier most experienced by the implementation team is "Resistance to change on the part of workers" and by users it is "Lack of digital skills". Finally, "Motivation to learn" was a competency considered by both users and the implementation team as one capable of mitigating the greatest number of barriers.

**Keywords:** Process digitization, barriers, competences, Industry 4.0.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: A evolução da produção industrial.....                                 | 19 |
| Figura 2: Pilares da Indústria 4.0.....                                          | 20 |
| Figura 3: Elementos formadores da Indústria 4.0. A “casa” da Indústria 4.0. .... | 21 |
| Figura 4: Fluxo de trabalho do inspetor.....                                     | 43 |
| Figura 5: Tecnologias utilizadas para implementação .....                        | 45 |
| Figura 6: Barreiras vivenciadas - Ponderação .....                               | 47 |
| Figura 7: Competências importantes - Ponderação .....                            | 61 |
| Figura 8: Relação Competências x Barreiras - Geral .....                         | 77 |
| Figura 9: Relação Competências x Barreiras - Implementação .....                 | 78 |
| Figura 10: Relação Competências x Barreiras - Usuários.....                      | 79 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1: Fases históricas da manutenção.....                                | 16 |
| Quadro 2: Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0 .....                   | 22 |
| Quadro 3: Barreiras quanto a implementação da Indústria 4.0 .....            | 27 |
| Quadro 4: Competências necessárias para o profissional da Indústria 4.0..... | 31 |
| Quadro 5: Colaboradores entrevistados.....                                   | 36 |
| Quadro 6: Barreiras mais vivenciadas e competências mais importantes. ....   | 80 |
| Quadro 7: Competência capaz de mitigar o maior número de barreiras. ....     | 80 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: Barreiras tecnológicas .....                     | 48 |
| Gráfico 2: Barreiras dos trabalhadores .....                | 49 |
| Gráfico 3: Barreiras de finanças .....                      | 52 |
| Gráfico 4: Barreiras de processos.....                      | 53 |
| Gráfico 5: Agregado de barreiras entre clusters .....       | 57 |
| Gráfico 6: Top 5 Barreiras vivenciadas - Geral.....         | 58 |
| Gráfico 7: Top 5 Barreiras vivenciadas - Implementação..... | 58 |
| Gráfico 8: Top 7 Barreiras vivenciadas - Usuários .....     | 59 |
| Gráfico 9: Competências técnicas .....                      | 62 |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 10: Competências metodológicas.....                            | 64 |
| Gráfico 11: Competências sociais .....                                 | 67 |
| Gráfico 12: Competências pessoais.....                                 | 71 |
| Gráfico 13: Agregado de competências entre clusters .....              | 74 |
| Gráfico 14: Top 8 Competências mais importantes - Geral .....          | 75 |
| Gráfico 15: Top 10 competências mais importantes - Implementação ..... | 76 |
| Gráfico 16: Top 5 competências mais importantes - Usuários.....        | 76 |

## SUMÁRIO

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                              | <b>12</b> |
| <b>1.1 Contextualização do problema de pesquisa.....</b>                | <b>12</b> |
| <b>1.2 Objetivos .....</b>                                              | <b>13</b> |
| 1.2.1 Objetivo geral .....                                              | 13        |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....                                       | 13        |
| <b>1.3 Justificativa.....</b>                                           | <b>14</b> |
| <b>1.4 Estrutura do trabalho.....</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                      | <b>16</b> |
| 2.1 Manutenção .....                                                    | 16        |
| 2.2 O desenvolvimento da Indústria 4.0.....                             | 18        |
| 2.3 Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 .....                    | 20        |
| 2.4 Digitalização da manutenção .....                                   | 23        |
| 2.5 Barreiras enfrentadas na implantação da Indústria 4.0 .....         | 27        |
| 2.6 Competências do profissional da Indústria 4.0 .....                 | 30        |
| <b>3. METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>                                  | <b>35</b> |
| 3.1 Classificação da pesquisa .....                                     | 35        |
| 3.2 Coleta de dados .....                                               | 35        |
| 3.3 Análise dos dados .....                                             | 38        |
| <b>4. CASO PRÁTICO .....</b>                                            | <b>39</b> |
| 4.1 Motivação para implementação da manutenção 4.0 .....                | 39        |
| 4.2 Estrutura organizacional para implantação da tecnologia.....        | 39        |
| 4.3 Fluxo de trabalho do inspetor dentro do processo de manutenção..... | 41        |
| 4.4 Tecnologias habilitadoras adotadas no projeto.....                  | 44        |
| 4.5 Barreiras vivenciadas durante a implementação.....                  | 45        |
| 4.5.1 Análise das barreiras por cluster .....                           | 47        |
| 4.5.2 Análise comparativa entre clusters.....                           | 56        |
| 4.5.3 Análise das barreiras mais vivenciadas.....                       | 57        |
| 4.6 Competências necessárias para a implementação .....                 | 59        |
| 4.6.1 Análise das competências por cluster .....                        | 61        |
| 4.6.2 Análise comparativa entre clusters.....                           | 73        |
| 4.6.3 Análise das competências mais importantes.....                    | 74        |

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| 4.7 Relação competências x barreiras ..... | 77        |
| <b>5. DISCUSSÃO E RESULTADOS .....</b>     | <b>80</b> |
| 5.1 Barreiras .....                        | 81        |
| 5.2 Competências .....                     | 83        |
| 5.3 Relação Competências x Barreiras ..... | 84        |
| <b>6. CONCLUSÃO .....</b>                  | <b>86</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                   | <b>88</b> |
| <b>APÊNDICE .....</b>                      | <b>95</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização do problema de pesquisa

A Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial abrange o uso e integração de várias tecnologias atuais que estão mudando as formas de trabalho e modelos de negócio em todo o mundo. As tecnologias digitais formam as bases para a transformação da Indústria 4.0. Essas tecnologias podem ser empregadas de diversas formas de acordo com o projeto da empresa, gerando soluções específicas na resolução de problemas. Algumas tecnologias já são empregadas nas indústrias, porém a novidade está na sua integração e na possibilidade de soluções diferentes das já conhecidas. As principais tecnologias da Indústria 4.0 são: Internet das Coisas, Cibersegurança, Big Data, Computação na Nuvem, Realidade aumentada, Robótica, Impressão 3D, Simulação e Integração de sistemas (VERMULM, 2018).

Essas tecnologias podem ser utilizadas para digitalização de processos, que é uma das principais características dessa revolução. Esse processo viabiliza o acesso e compartilhamento de informações em tempo real dentro das organizações (QUINTINO *et al.*, 2019). É importante ressaltar que a digitalização não se trata apenas de um processo de transformação de dados “analógicos” para digitais, e sim de uma rede entre processos de negócios, a criação de interfaces eficientes e a troca e gerenciamento de dados integrados (BOGNER *et al.*, 2016).

Apesar das vantagens alcançadas pelas organizações com a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 elas enfrentam diversos desafios para uma implementação de projetos bem sucedidos. A integração de novas tecnologias e a capacitação da mão de obra das empresas voltadas para a implementação da Indústria 4.0 se mostra um processo complexo, por isso várias empresas em diferentes países enfrentam problemas devido a essas e outras diversas barreiras existentes (LUTHRA e MANGLA, 2018; DALENOGARE *et al.*, 2018).

Essas barreiras poderiam ser mitigadas a partir do desenvolvimento de competências das equipes, tanto dos usuários dessas tecnologias, quanto da equipe de implementação dos projetos. Essas competências podem ser divididas em: i) Competências técnicas, ligadas aos conhecimentos por trás da execução do trabalho; ii) Competências metodológicas, aquelas que se relacionam com as tomadas de decisão e resolução de problemas. iii) Competências sociais, ligadas diretamente à capacidade de trabalhar em equipe, trocar informações e se relacionar e, por fim, iv) Competências pessoais, abrangem valores sociais, motivações e atitudes de um

indivíduo. Sendo assim, com o surgimento das novas tecnologias, os trabalhadores das indústrias precisaram se desenvolver para atenderem aos requisitos necessários à atuação nesse cenário. Já as empresas, devem entender e incentivar o aprendizado de seus funcionários, para se manterem atualizadas, garantindo a competitividade (BRYNER, 2012).

A literatura apresenta a necessidade de identificar competências exigidas pelas empresas para a implementação de projetos de digitalização (SANTOS, 2019; PENHAKI *et al.*, 2019). Estudos também abordam a necessidade de propor ações para superar barreiras (alternativas estratégicas, gerenciais e operacionais) (PACCHINI, 2020). Além disso, Tortorella *et al.* (2021) sugere a elaboração de pesquisas em outras abordagens de gerenciamento da manutenção, como o RCM, que podem se beneficiar da integração das tecnologias da Indústria 4.0. Por fim, não há na literatura pesquisas que relacionam as competências necessárias às barreiras vivenciadas, e estudos que contrapõem os pontos de vista da equipe de implementação e usuários dentro de projetos que envolvem a implementação de projetos da Indústria 4.0.

Diante dos gaps apresentados, a presente pesquisa tem como problema o seguinte questionamento: “Quais são as competências necessárias capazes de mitigar as barreiras enfrentadas pelos colaboradores durante a implementação das tecnologias habilitadoras para a digitalização do processo de manutenção em uma empresa siderúrgica?”

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Para responder a este questionamento, o objetivo dessa pesquisa é: Identificar quais competências são capazes de mitigar as barreiras vivenciadas pelos usuários e equipe de implementação do processo de digitalização da manutenção baseada na inspeção, em uma siderúrgica.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar as tecnologias utilizadas para a digitalização.
- Identificar as barreiras existentes na adoção dessa tecnologia.
- Identificar as competências necessárias para que os colaboradores possam atuar nesse processo.

### **1.3 Justificativa**

O cenário das indústrias nacionais em relação à utilização de tecnologias digitais segue um ritmo ainda desacelerado. Uma pesquisa realizada pela CNI (2016) com mais de 2000 empresas de diversos setores e portes, demonstra que o foco das indústrias que atuam no Brasil está voltado para a melhoria do processo de produção e aumento da produtividade, porém não há um esforço evidente em relação à digitalização destes processos como uma forma de elevar a eficiência e manter a competitividade. O desconhecimento dos impactos desta transformação digital é um dos entraves que dificultam maior assimilação destes tipos de tecnologias e dos novos moldes propostos pela quarta revolução industrial.

Apesar das siderurgias apresentarem um bom índice de utilização das tecnologias digitais, os setores de manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos, compõem uma das parcelas que menos utilizam estes tipos de tecnologias como forma de suporte para a melhoria, controle e gestão de processo, características que também são percebidas no setor analisado neste trabalho. A manutenção de máquinas e equipamentos é uma atividade crítica pois é a responsável por garantir a disponibilidade e funcionamento dos mesmos e, assim, manter o fluxo de produção em trabalho. Dessa forma, a gestão das informações geradas por esse processo é de suma importância para otimização do uso dos recursos disponíveis e agilidade nas tomadas de decisões (OLIVEIRA, 2013).

Logo, é necessário que a indústria siderúrgica implemente as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 como ferramenta viabilizadora do processo de digitalização do seu setor de manutenção, uma vez provada a importância desse setor dentro da cadeia de valor de produção.

Dessa forma, essa pesquisa irá contribuir para identificar as competências necessárias para mitigar as barreiras enfrentadas pelas equipes durante a digitalização do processo de manutenção dentro de uma indústria siderúrgica. Os resultados obtidos poderão ser utilizados como base para a evolução de projetos dentro da indústria, facilitando o uso e adoção das tecnologias da Indústria 4.0, além de contribuírem para a literatura, alimentando os gaps de pesquisa existentes.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está estruturado em seis seções distintas. A primeira seção é composta por uma introdução sobre o contexto, os objetivos gerais e específicos, a justificativa e relevância



do estudo, além da forma como se dá a estruturação do trabalho. Na segunda, é exposto o referencial teórico relacionado aos temas que sustentam a pesquisa proposta como a manutenção, Indústria 4.0, digitalização, barreiras enfrentadas e competências necessárias. Na terceira, é apresentada a metodologia utilizada, com a classificação da pesquisa e a forma como ocorre a coleta e análise dos dados. A quarta é constituída pela análise e resultados obtidos a partir das entrevistas. A quinta faz uma discussão sobre os resultados apresentados. Por fim, a quinta e última seção contém as considerações finais, com as principais contribuições, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Manutenção

O termo manutenção tem sua origem no latim “*manus*”, que significa mão, e “*tentione*”, que remete a ação de segurar, assim dando o significado da palavra: ato ou efeito de manter. Manutenção remete aos procedimentos operacionais e de planejamento que têm o objetivo de manter ou recolocar equipamentos e instalações em condições de funcionamento, garantindo operacionalidade e segurança para os colaboradores e meio ambiente, assim atendendo a produção e buscando sempre minimizar os custos (SANTOS *et al.*, 2009).

Segundo a NBR 5462 de 1994 p. 6 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

A manutenção no contexto empresarial assume responsabilidade sobre as instalações, e também determina as ações a serem executadas para manter o funcionamento e conservação dos ativos por meio de medidas corretivas e preventivas (QUINELLO; NICOLETTI, 2005).

As filosofias de manutenção, durante sua evolução histórica, sofreram modificações de forma a se adaptarem às demandas da indústria em cada momento. Os conceitos de manutenção podem ser divididos em cinco fases históricas, que teve início em 1930 até os tempos atuais. O ano de 2010 foi o marco inicial do último estágio, que tem como foco a gestão de ativos, como é apresentado pela Tabela 1 (PINTO; XAVIER, 2015). Ainda segundo a NBR ISO 5500 de 2014 gestão de ativos é “a atividade coordenada de uma organização para obter valor a partir dos ativos, o que envolve um equilíbrio entre custos, riscos e desempenho.”

Quadro 1: Fases históricas da manutenção

| Geração  | Início | Direcionamento                            |
|----------|--------|-------------------------------------------|
| Primeira | 1930   | Concerto após falha                       |
| Segunda  | 1950   | Aumento de disponibilidade                |
| Terceira | 1970   | Aumento de confiabilidade                 |
| Quarta   | 2000   | Influenciar nos resultados da organização |
| Quinta   | 2010   | Gestão de ativos                          |

Fonte: Adaptado de Pinto e Xavier, (2015).

Paschoal (2009) *et al.* dividem a história da manutenção em três períodos. O primeiro corresponde aos anos anteriores a 1940, o segundo até o ano de 1970 e o terceiro após isso. A Indústria 4.0 está mudando os parâmetros estabelecidos nos períodos citados anteriormente ao trazer novidades para o cenário das indústrias em todo o mundo, assim está se estabelecendo o início de um novo ciclo.

O terceiro período ainda está presente em várias práticas utilizadas atualmente nas indústrias. Em relação à essas práticas, pode-se dizer que elas se baseiam nos conceitos da administração da produção japonesa *Just in Time*. A partir disso as empresas têm implementado técnicas da manutenção centrada na confiabilidade (RCM) e da manutenção produtiva total (TPM). Tudo isso forma a estratégia de manutenção, que corresponde a forma e intensidade que tudo isso é aplicado a um sistema (PASCHOAL *et al.*, 2009).

Partindo do princípio que o conceito da Indústria 4.0 gera novas técnicas, trabalhadores de vários departamentos da indústria necessitam de novas habilidades e competências, obtendo uma boa qualificação para desempenhar perfeitamente suas funções (WILKESMANN *et al.*, 2018). Com isso, os departamentos de manutenção existentes nas empresas terão que continuar a operar com técnicos com conhecimentos absorvidos por experiências profissionais, alto grau de conhecimento tácito e em muitas vezes, sem conhecimento de políticas de gestão (ISWOROWATI *et al.*, 2019).

Conforme apresentado por Herrera *et al.* (2009), as atividades de manutenção industrial se mostram dependentes de componentes técnicos, envolvimento de fatores humanos e um alto conhecimento tácito.

A realidade vivenciada por cada organização, com base em recursos e ativos, irá definir como ela irá se comportar em relação às manutenções. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1994), as estratégias podem ser definidas como corretivas, preventivas e preditivas.

A manutenção preventiva, de acordo com a NBR 5462/94 ABNT (1994, p. 7), é uma “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”. Como definido por Paschoal *et al.*, (2009), a manutenção preventiva segue técnicas e procedimentos de trabalho nas quais buscam prevenir defeitos que possam vir a acontecer e influenciar no desempenho de equipamentos, ou ocasione uma parada emergencial.

A manutenção corretiva é a estratégia de manutenção que atua quando já ocorreu o dano, ou quando determinado equipamento não tem condições de realizar suas funções, ocorrendo então a paralisação do mesmo (ABNT, 1994). Esta estratégia de manutenção se apresenta como uma opção, quando os custos de uma manutenção preventiva são superiores aos custos de uma eventual paralisação de determinado equipamento, desta forma minimiza seus custos (PASCHOAL *et al.*, 2009).

A manutenção preditiva, segundo a NBR 5462/94 ABNT (1994), se baseia em “garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”. Ela também é conhecida como a manutenção preventiva baseada na condição, pois seu objetivo principal é prevenir falhas em equipamentos por acompanhamento de parâmetros operacionais, permitindo desta forma a operação ininterrupta pelo maior tempo possível, aumentando a vida útil e minimizando os custos de reparos (PASCHOAL *et al.*, 2009).

## **2.2 O desenvolvimento da Indústria 4.0**

Desde os tempos mais remotos, a necessidade de aplicação de novas fontes de energia e desenvolvimento tecnológico são motivações para o homem. Analisando a história, o setor industrial influencia e impulsiona avanços tecnológicos causando grandes impactos na economia mundial, na busca pela qualidade e maior eficiência (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Neste contexto, entre os anos 1760 e 1840 deu-se início a primeira Revolução Industrial na Inglaterra. Esta fase tinha como característica o uso de máquinas no lugar de métodos artesanais, além do uso da energia a vapor e da utilização do carvão. O artesão passou a trabalhar para outra pessoa, a qual passava a controlar todos os processos, desde a matéria-prima até os lucros, deixando assim de ter controle sobre a dinâmica do processo produtivo (ZARTE *et al.*, 2016).

A segunda revolução industrial teve seu início em meados do século XIX, e foi marcada pela produção em massa e a baixos custos. Nesta fase surge a energia elétrica, e com isso, as primeiras aplicações dos conceitos ligados ao fordismo, dando início às primeiras linhas de montagem, elevando a produtividade. Contudo, a segunda guerra mundial foi uma das grandes responsáveis pela aceleração na transformação para estes modelos de fabricação (DATHEIN, 2003).

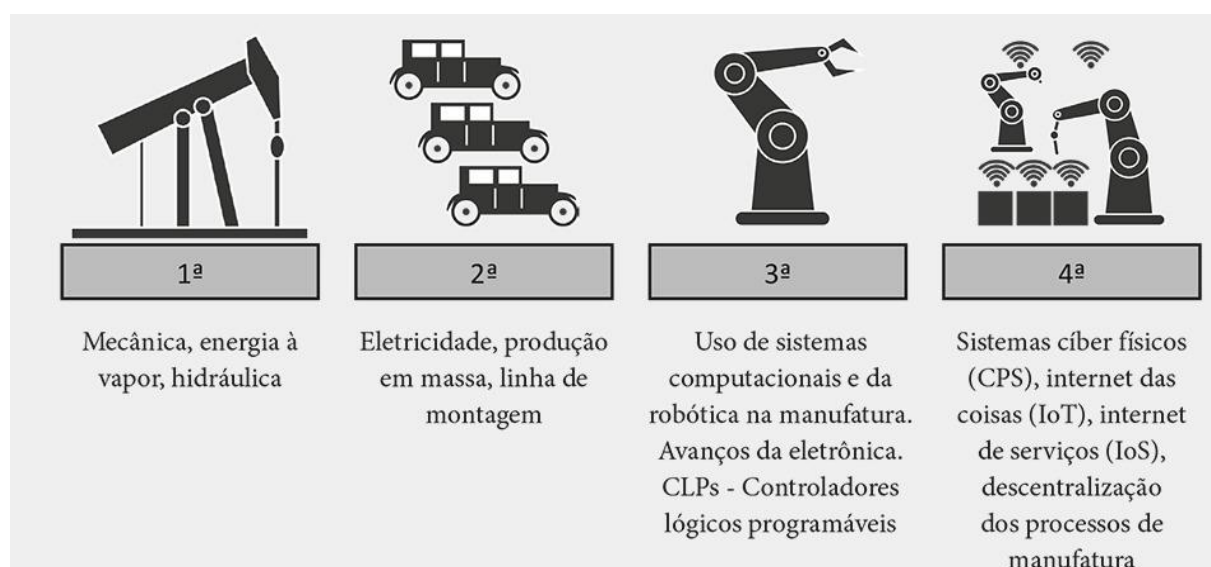
Entre as décadas de 1950 a 1970, houve avanço no desenvolvimento referente a computação e a internet, dando início a terceira revolução industrial. A microeletrônica e a informática ganharam força para desenvolvimento de produtos com ainda mais qualidade, ganhando força e competitividade no mercado. Este desenvolvimento voltado à introdução dos computadores e aos novos padrões de comunicação apontados, permitiu a nova ideia de robotização, com a automatização das indústrias em uma revolução digital (COSTA, 2017).

A partir do surgimento de tecnologias mais avançadas, no início do século XXI começaram a se destacar sensores ainda menores e com maiores capacidades, menores preços e a colaboração de máquinas criando uma maior interação de “coisas” (IoT - *Internet of Things*), permitiram iniciar a transformação da indústria, impactando a competitividade, na sociedade e na economia, transformando o mundo que conhecemos (COSTA, 2017).

Estas transformações ganharam força na Alemanha em 2011, pela caracterização da indústria com processos inteligentes integrados aos avanços tecnológicos, tornando o sistema cada vez mais colaborativo, e alcançando cada vez maior eficiência de recursos produtivos, recebendo o nome de Indústria 4.0 (SANTOS *et al.*, 2018).

O termo Indústria 4.0 começou a ser utilizado publicamente na edição da Feira Industrial de Hannover, na Alemanha em 2011, se tratando de um termo genérico para se referir à quarta revolução industrial (TUPA *et al.*, 2017).

Figura 1: A evolução da produção industrial



Fonte: De Lima *et al.* (2018).

### 2.3 Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0

Segundo De Almeida (2019), baseado no conceito de Indústria 4.0, os sistemas de produção tornam-se mais dinâmicos e funcionais, a partir da integração de seus processos e da evolução de tecnologias físicas e digitais, que resultam em maior eficiência e produtividade. O autor cita como principais bases tecnológicas e digitais: acompanhamento em tempo real, Virtualização, Análise de dados e Big Data, Robótica, Simulação, Sistema de integração Vertical e Horizontal, Internet das Coisas, Computação em Nuvem, Cibersegurança, Manufatura Aditiva e Realidade aumentada.

O fenômeno da digitalização e fábricas inteligentes da Indústria 4.0 promoveram mudanças nas formas de produção e novos desafios para as empresas. Com isso surgiram também produtos inteligentes, que fornecem em tempo real informações para tomada de decisão possibilitando assim maior assertividade e evolução dos índices de produção e qualidade. Sendo assim a Indústria 4.0 se apoia em nove pilares, como pode ser visto na Figura 2 (QUINTINO *et al.*, 2019):

Figura 2: Pilares da Indústria 4.0



Fonte: Quintino et al., (2019).

O tema Indústria 4.0 surgiu em 2011, portanto trata-se de algo recente, e por isso seu conceito ainda está em formação, na literatura encontra-se várias teses sobre o que faz parte ou não de sua classificação. Visto isso, De Lima *et al.* (2018, p. 34) elabora uma classificação dos elementos formadores da Indústria 4.0, são eles:

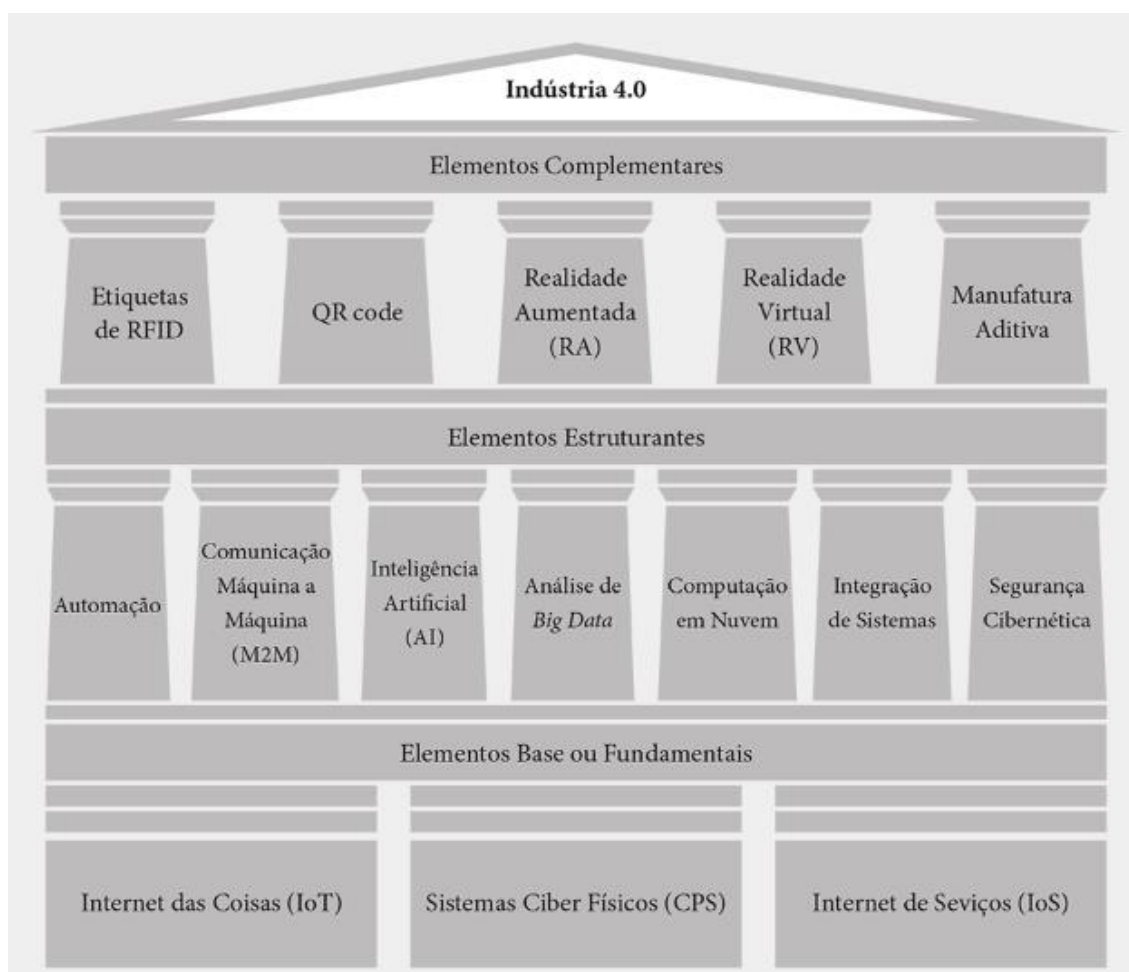
Elementos base ou fundamentais: representam a base tecnológica fundamental sobre a qual o próprio conceito de Indústria 4.0 se apoia e sem os quais não poderia existir.

Elementos estruturantes: são tecnologias e/ou conceitos que permitem a construção de aplicações da Indústria 4.0. Consideramos nesta classificação que para que uma fábrica ou unidade de produção seja enquadrada no conceito de 4.0, pelo menos boa parte dos elementos estruturantes devem estar presentes.

Elementos complementares: são elementos que ampliam as possibilidades da Indústria 4.0 mas que não necessariamente tornam 4.0 as aplicações industriais que eventualmente os utilizem.

Baseado nesses conceitos, a Figura 3 representa a casa da Indústria 4.0 onde estão representadas as tecnologias que compõem cada elemento na estrutura.

Figura 3: Elementos formadores da Indústria 4.0. A “casa” da Indústria 4.0.



Fonte: De Lima *et al.* (2018).

Baseado nos conceitos apresentados na Figura 3 e em demais pesquisas realizadas, no Quadro 2 encontra-se a relação das nove principais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, acompanhadas de seus conceitos e autores:

Quadro 2: Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0

| <b>Tecnologia</b>   | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Autores</b>                                                                                                                          |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cibersegurança      | A cibersegurança é um elemento fundamental para proteger sistemas e informações de possíveis ameaças e falhas que possam vir a causar transtornos na produção. Também conhecida como segurança do ciberespaço, contempla o conjunto de técnicas e tecnologias que visam detectar, prevenir e combater ataques a dados, programas, sistemas e redes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)                                    |
| Realidade Aumentada | A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que permite sobrepor elementos virtuais à nossa visão da realidade. A Indústria 4.0 visualiza uma enorme aplicabilidade da realidade aumentada, e interações entre o mundo real e virtual facilitarão diversos procedimentos. Apesar de ser um dos pilares menos desenvolvidos da Indústria 4.0 até o momento, a realidade aumentada suporta uma variedade de aplicações e serviços em diferentes campos, como a medicina e a educação. Aplicada às necessidades da indústria, é possível ter desde instruções de montagem enviadas via celular para desenvolver peças de protótipo até o uso de óculos de realidade aumentada para a gestão e a operação de determinadas máquinas, melhorando os procedimentos de trabalho. | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)                                    |
| Big Data            | Big Data representa a vasta quantidade de informação gerada diariamente através dos mais diversos dispositivos eletrônicos e o tratamento analítico dessa informação através de diversas ferramentas tecnológicas, com o intuito de se obter padrões, correlações e percepções que podem auxiliar em tomadas de decisão nas mais diversas áreas. É a análise de uma grande quantidade de dados, considerando volume, velocidade, variedade e complexidade.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)<br>QI; TAO (2018)<br>SCHWAB (2017) |
| Robótica Autônoma   | Utilização de robôs que são programados para as tarefas necessárias à fabricação de produtos customizados ou à produção de grandes lotes, sem necessidade de supervisão humana, sendo capazes de trabalhar para automatizar e coordenar uma série de tarefas logísticas e de produção. Robôs e seres humanos dividem o mesmo espaço de trabalho com total segurança. Além de trabalharem com algoritmos de Inteligência Artificial, a partir da qual tais equipamentos podem tomar decisões e compartilhar experiências com outros equipamentos, muitas aplicações exigem soluções mistas, com robôs e humanos dividindo o mesmo espaço de trabalho.                                                                                                                     | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)                                    |



|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                             |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Impressão 3D           | As impressoras 3D são equipamentos de prototipagem rápida, com tecnologia CNC, e constroem uma peça adicionando material em sucessivas camadas.                                                                                                                                                                                                                                                                        | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)<br>SCHWAB (2017)                                       |
| Simulação              | Softwares de Simulação são programas que podem simular fielmente comportamentos de produtos, processos e até mesmo plantas industriais completas. Com isso, torna-se possível saber antecipadamente os pontos fortes e fracos do projeto, antecipar possíveis falhas e erros e corrigi-los antes da implantação.                                                                                                       | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)                                                        |
| Integração de Sistemas | Integra sistemas que compõem toda a cadeia de valor produtiva, como SAP, ERP, MES e outros, integrando fabricantes, fornecedores, distribuidores e clientes, facilitando análise e tomada de decisão. Na Indústria 4.0, os processos de fabricação são integrados com as fases pertinentes à fabricação do produto e, também, com outros processos transversais que causam impacto na fabricação de todos os produtos. | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)                                                        |
| Computação em Nuvem    | Trata-se de um sistema de armazenamento de dados que permite o compartilhamento destes em diferentes localidades. Refere-se ao uso de servidores e computadores hospedados em data centers e interligados por meio da internet, sendo possível fazer uso remoto de seu armazenamento, memória e processamento.                                                                                                         | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)                                                        |
| Internet das Coisas    | Caracteriza a interconexão de objetos, sensores, máquinas, equipamentos, automóveis e outros por meio da internet permitindo a troca de informações. Na filosofia da Indústria 4.0, todos esses são inteligentes e conectados à internet.                                                                                                                                                                              | DE ALMEIDA (2019)<br>QUINTINO <i>et al.</i> (2019)<br>DE LIMA <i>et al.</i> (2018)<br>RUBMANN (2015)<br>WOLLSCHLAEGER <i>et al.</i> (2017)<br>SCHWAB (2017) |

Fonte: Os autores, (2021).

## 2.4 Digitalização da manutenção

As tecnologias digitais são capazes de modernizar toda a cadeia de valor em uma organização, desde a fabricação até o setor de vendas. Dessa forma, a digitalização pode causar impactos em todas as áreas e funções de uma empresa, assim se faz necessário uma análise completa do fluxo para explorar os potenciais digitais de cada etapa (BOGNER *et al.*, 2016).

O aspecto chave da quarta revolução industrial é a transformação digital (QUINTINO *et al.*, 2019). As tecnologias digitais podem ser aplicadas em uma nova planta, ou podem ser adaptadas a plantas existentes. Para a otimização da produção industrial, a aplicação destas tecnologias visa o desenvolvimento de novas habilidades e competências, bem como de novos modelos de negócio. Tudo isso resulta na melhoria da competitividade e eficiência industrial, devido também a uma maior interconexão e cooperação, compartilhando recursos entre fábricas, pessoas e informações (BELTRAMETTI, 2017).

O uso de softwares na manutenção é uma saída fundamental para otimizar recursos. Sua utilização não apresenta apenas uma maneira de utilizar a tecnologia, mas uma essencial postura de gestão, permitindo a prevenção dos custos, a melhoria de serviços e acesso às informações para análises futuras de maneira mais rápida e eficaz (KARDEC, 2013).

Sistemas integrados, como o ERP (*Enterprise Resource Planning*), proporcionam uma melhor maneira de gerir a manutenção nas indústrias por meio da otimização de suas atividades (AUGELLI, 2017).

Tortorella *et al.* (2021) realizou uma pesquisa de estudo de caso em quatro grandes empresas do Sul do Brasil com o objetivo de examinar a integração das tecnologias da Indústria 4.0 nas práticas de manutenção Produtiva Total (TPM). O autor propôs que a integração das tecnologias da Indústria 4.0 nas práticas de TPM será percebida pelos gerentes como favorável ao processo de manutenção. Ele ainda conclui que as barreiras para que essa integração ocorra são: Falta de apoio da alta administração, custo de adoção de novas TICs, diversidade de máquinas e sistemas, compatibilidade entre sistemas, inexperiência técnica, processos e atividades de manutenção mal estruturados, adoção estreita I4.0, falta de envolvimento com a produção, dificuldade em mostrar retorno financeiro de investimentos I4.0, força de trabalho não qualificada e máquinas operadas manualmente restringem a digitalização. O autor ainda complementa que os principais benefícios dessa integração observados na prática são: Visualização compartilhada de defeitos em equipamentos, controle sobre manutenção e estoques de peças, otimização do ciclo de vida dos ativos, facilidade no treinamento e desenvolvimentos dos funcionários em habilidades de manutenção e estudos de análises de falha anteriores, geração de dados para tomada de decisão e visualização em tempo real de informações dos equipamentos.

Branca *et al.* (2020) elaborou uma revisão da literatura acerca dos desafios da digitalização no setor siderúrgico europeu. Como resultados foram apresentados a transformação tecnológica e principais desenvolvimentos financiados por programas de pesquisa do continente. A indústria siderúrgica europeia se encontra parcialmente automatizada, mas ainda tem potencial para aplicação de novas tecnologias a fim de otimizar toda a cadeia produtiva. Segundo o autor o desafio da digitalização consiste na integração de todos os sistemas e unidades de produção, por meio de quatro dimensões distintas: Integração Vertical (Integração de sistemas nos níveis clássicos de automação do sensor ao sistema ERP); Integração Horizontal (Integração de sistemas ao longo de toda a cadeia produtiva); Integração do ciclo de vida (integração ao longo

de todo o ciclo de vida de uma planta, desde a engenharia básica até o descomissionamento) e a integração transversal (baseada nas decisões tomadas na cadeia produtiva do aço, considerando os aspectos tecnológicos, econômicos e ambientais). Além disso, o autor cita que um dos desafios será a qualificação da mão de obra, que apesar de ser experiente e que domina o processo, se trata de uma grande parte de funcionários com idade avançada e mais resistentes à mudança.

Gajdzik *et al.* (2021) publicou uma pesquisa sobre a transição dos produtores de aço para as usinas siderúrgicas 4.0, baseada na evolução da siderurgia 3.0. A publicação em si, trata das oportunidades de desenvolvimento dos produtores de aço na Indústria 4.0 e das evoluções já vistas nas siderúrgicas. A pesquisa consiste em uma primeira parte baseada na revisão de literatura e uma segunda parte prática com três estudos de caso, realizando uma análise comparativa entre as empresas ArcelorMittal, Thyssen Krupp e Tala Steel Group. As etapas da pesquisa foram as seguintes: preparação das informações, agrupamento das informações por seções de tópicos. Esta implementação é feita através de tecnologias e métodos, como o uso de inteligência artificial, drones, realidade virtual, automatização e robôs industriais, buscando uma melhor relação com os clientes, resultando em uma maior satisfação e aumento do lucro das organizações. Diante dos estudos, pode-se confirmar que o problema central de todas as três organizações relacionadas a aciaria 4.0, se dá pela digitalização de todos os processos e em toda a cadeia de abastecimento, reduzindo custos de armazenamento. Como conclusão, a pesquisa afirma que as empresas do setor siderúrgico implementam a indústria 4.0 de maneira complexa, e ao analisar as áreas onde soluções estavam sendo implementadas, estavam relacionadas com treinamento pessoal, desenvolvimento de novos produtos, logística, uso de ERP e novas tecnologias. Em relação às três empresas analisadas, ambas estavam realizando atividades semelhantes para a implementação, com diferenças apenas em algumas atividades particulares e menores.

Salo *et al.* (2020) pesquisou sobre a digitalização da relação entre comprador e vendedor na indústria do aço, com o propósito de agregar conhecimento sobre o processo, quando as tecnologias digitais são adotadas nesta relação. A pesquisa explica elementos de inter-relações de infraestrutura digital, comunicação e grau de digitalização da relação comprador-vendedor. A generalização teórica elabora uma compreensão conceitual que se aplica em diversos conceitos, porém, a generalização dos insights empíricos voltadas a outras empresas com diferentes processos, é possível até certo ponto. O diferencial apresentado, se dá pela forma que

retrata a relação comprador-vendedor sendo gradativamente digitalizada por um ciclo virtuoso, contando com sucessivas adições de tecnologia. O estudo acrescenta que o crescimento da digitalização traz uma economia de custos gerais na redução das viagens e/ou processos de vendas mais eficientes.

Já Apostolov *et al.* (2020), realizou seu estudo voltado para a inovação baseada em digitalização nas Pequenas e Médias Empresas (PMEs) do Nordeste da Itália. As PMEs têm evoluído de forma significativa nos processos de inovações, esta digitalização traz grandes implicações do posicionamento competitivo das mesmas, se tratando de uma criação de valor, alterando os custos e o desempenho de processos. O estudo contou com uma pesquisa de campo e entrevistas com proprietários e gerentes das PMEs, onde foram analisadas evidências das barreiras que as empresas enfrentam ao decidirem alterar o modelo de negócio. A maioria das empresas analisadas faziam parte de um grupo que continham pouca tecnologia, porém, estavam dispostas a ultrapassar as barreiras para que fosse possível transformar modelos de negócios.

Após pesquisas e análises, os resultados encontrados apontaram que colocar ideias externas em ação, pode ser fundamental para complementar o conhecimento interno, e assim auxiliar nas ações em bloqueios tecnológicos. Concluindo então que estes esforços para a transformação digital trazem resultados significativos.

A utilização de robôs, como tecnologia da Indústria 4.0, pode proporcionar melhorias em qualidade e segurança de operações dentro de uma empresa siderúrgica. Baseado nisso, Colla *et al.* (2021) elaborou um estudo sobre a utilização dessa tecnologia em uma estação de trabalho de manutenção em uma aciaria. O autor tinha como objetivo avaliar a confiabilidade do sistema e a satisfação dos usuários finais uma vez que a implementação de soluções de robóticas neste setor em particular é dificultada por condições operacionais adversas e por características particulares de muitos procedimentos, que requerem uma combinação de força e sensibilidade. Os resultados da pesquisa mostram que a estação de trabalho mostrou-se benéfica para redução de operações complicadas e na melhoria das condições de saúde e segurança dos trabalhadores, e que esse fato é claramente percebido pelos usuários e desenvolvedores do sistema. Ao final o autor sugere a transferência da tecnologia para outras operações dentro da indústria, de forma adaptada com o objetivo de repetir os resultados alcançados.

## 2.5 Barreiras enfrentadas na implantação da Indústria 4.0

De acordo com de Sousa Jabbour *et al.*, 2018; Kamble *et al.*, 2018; Horváth e Szabó, 2019; Oesterreich e Teuteberg, 2016; Xu *et al.*, 2018, a investigação sobre as barreiras quanto a implementação da Indústria 4.0 segue inexplorada na literatura existente, e se mostra necessário uma melhor investigação sobre o tema.

De acordo com Horváth e Szabó (2019), dentre as barreiras existentes da implementação da Indústria 4.0, as principais são a falta de mão-de-obra qualificada e a requalificação dos colaboradores no intuito de se adaptarem aos novos modelos de trabalho.

Alguns pesquisadores, como Erol *et al.* (2016), Kiel *et al.* (2017), Müller e Voigt (2016) concordam que a escassez de recursos financeiros se torna uma barreira para a implementação da Indústria 4.0. Para Müller e Voigt (2016) as barreiras que também podem vir a dificultar o avanço desta implementação, são entre elas, a baixa padronização, baixo ou nenhum entendimento sobre integração e conflitos relacionados à insegurança dos dados.

A seguir o Quadro 3 apresenta as principais barreiras enfrentadas durante a implementação das tecnologias da 4.0 segundo a literatura:

Quadro 3: Barreiras quanto a implementação da Indústria 4.0

| Cluster                  | Característica             | Descrição                                            | Autores                                                  |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Tecnologias              | Infraestrutura             | Falta de Infraestrutura                              | Raj <i>et al.</i> (2020)                                 |
|                          |                            | Falta de recursos disponíveis                        | Schumacher (2016)                                        |
|                          | Padronização               | Falta de padrão                                      | Kamble <i>et al.</i> (2019)                              |
|                          |                            | Falta de cultura na digitalização                    | Luthra <i>et al.</i> (2018)                              |
|                          |                            | Falta de conhecimento                                | Raj et al (2020)                                         |
|                          | Segurança e privacidade    | Falta de segurança dos dados                         | Cimini <i>et al.</i> (2017)<br>Kiel <i>et al.</i> (2017) |
|                          |                            | Risco de violação                                    | Raj <i>et al.</i> (2020)                                 |
|                          |                            | Falta de proteção das propriedades intelectuais      | Mogos <i>et al.</i> (2019)                               |
| Barreiras de trabalhador | Compreensão dos benefícios | Falta de conhecimento dos conceitos da indústria 4.0 | Sousa Jabbour <i>et al.</i> (2018)                       |
|                          |                            | Falta de sistemas para gestão do conhecimento        | Kamble <i>et al.</i> (2019)                              |

|           |                                          |                                                                      |                                                                                             |
|-----------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |                                          | Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela indústria 4.0 | Raj <i>et al.</i> (2020)                                                                    |
|           | Resistência à mudança                    | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores                    | Horváth <i>et al.</i> (2019)<br>Kolla <i>et al.</i> (2019)<br>Muller (2019)<br>Alves (2020) |
|           |                                          | Falta de abertura para novas tecnologias                             | Schumacher (2016)                                                                           |
|           |                                          | Aversão às mudanças                                                  | Sung (2018)<br>Nagy <i>et al.</i> (2018)                                                    |
|           | Formação e capacitação dos trabalhadores | Falta de treinamentos                                                | Sousa Jabbour <i>et al.</i> (2018)                                                          |
|           |                                          | Falta de mão de obra qualificada                                     | Glass <i>et al.</i> (2018)<br>Dalenogare <i>et al.</i> (2018)                               |
|           |                                          | Falta de habilidades digitais                                        | Horváth <i>et al.</i> (2019)<br>Hung (2016)<br>Szabó (2019)                                 |
| Finanças  | Falta de recursos                        | Escassez de recursos financeiros                                     | Erol <i>et al.</i> (2016)<br>Kiel <i>et al.</i> (2017)                                      |
|           | Restrição financeira                     | Falta de investimentos da implementação da indústria 4.0             | Müller <i>et al.</i> (2018)<br>Herrmann <i>et al.</i> (2014)<br>Mogos <i>et al.</i> (2019)  |
| Processos | Cultura organizacional                   | Falta da cultura corporativa nos conceitos da indústria 4.0          | Dalenogare <i>et al.</i> (2018)<br>Hamzeh <i>et al.</i> (2018)                              |
|           |                                          | Inexistência da cultura organizacional                               | Sousa Jabbour <i>et al.</i> (2018)<br>Dalenogare <i>et al.</i> (2018)                       |
|           |                                          | Resistência organizacional                                           | Vey <i>et al.</i> (2017)                                                                    |
|           | Alinhamento estratégico                  | Falta de estratégias digitais                                        | Raj <i>et al.</i> (2020)                                                                    |
|           |                                          | Falta de planejamento e atividades                                   | Basl (2017)                                                                                 |
|           |                                          | Falta de um alinhamento estratégico eficaz                           | Sousa Jabbour <i>et al.</i> (2018)                                                          |
|           | Liderança e gestão                       | Falta de liderança ativa                                             | Schumacher (2016)                                                                           |
|           |                                          | Falta de competências                                                | Schumacher (2016)<br>Kiel <i>et al.</i> (2017)<br>Basl (2017)                               |
|           |                                          | Dificuldade de coordenação                                           | McKinsey & Company (2016)<br>Erol <i>et al.</i> (2016)                                      |

Fonte: Os autores (2021)

As barreiras relacionadas à ampliação ou na implementação de novas tecnologias estarão sempre presentes, portanto, se faz necessário a investigação de diferentes barreiras existentes

que impedem de alguma forma a adoção da Indústria 4.0, tanto nas economias desenvolvidas quanto nas emergentes (BOGOVIZ *et al.*, 2019).

Segundo Horváth *et al.* (2019) e Szabó (2019), a inexistência de padrões tecnológicos se torna uma barreira para a Indústria 4.0. Mueller *et al.* (2017) concordam que a falta de padrões e arquitetura de referência tornam um desafio significativo na Indústria 4.0.

Para assegurar a interoperabilidade de diferentes sistemas, abrangendo todo seu potencial, se mostra necessária a adoção de uma arquitetura de referência, contendo a descrição técnica de normas e garantindo uma boa interação entre os utilizadores. Esta interação precisará ser feita englobando a produção, os sistemas presentes e todas as partes envolvidas de gestão. Sem uma padronização visando analisar, processar e armazenar informações necessárias, limitaria a abordagem da Indústria 4.0 e restringiria sua capacidade de ganhos de produtividade, juntamente com a realização de economia de escala (EUROPEAN PARLIAMENT, 2016).

Breunig *et al.* (2016) falam das preocupações com a segurança cibernética das empresas e também sobre a existência do medo quanto a uma possível perda de dados para fornecedores de software e para terceiros. Para Lee e Lee (2015), este risco pode ser um dos principais desafios para a implementação de IoT, analisando um cenário onde os hackers apresentam fortes ameaças.

Quando novas tecnologias são mal testadas ainda em estágio inicial, não possuindo constância de padrões, sem uma boa base de segurança de dados e um elevado número de dispositivos mal testados, podem originar um caos, afetando o sistema de tecnologia (Lee e Lee, 2015).

Para Hung (2016), entre os desafios não técnicos da implementação da Indústria 4.0, estão a falta de conhecimento e habilidades dos trabalhadores. Muitas empresas assumem que não possuem conhecimento necessário para aplicação da Indústria 4.0 e devido a falta dessas habilidades digitais, não conseguem colaborar com os fornecedores de software, quando se faz necessário.

Para implementar a Indústria 4.0, segundo Geissbauer *et al.* (2014), seria necessário que as empresas aumentassem seus investimentos de capital anual em 50% dentro dos próximos cinco anos. De acordo com Kache e Seuring (2017), altos investimentos em pessoas, processos e tecnologia são fundamentais tanto no nível corporativo quanto a nível da cadeia de suprimentos.

O uso das tecnologias na Indústria 4.0 auxiliam no gerenciamento, na programação da produção, na possível utilização de sua capacidade, nas manutenções necessárias e na coordenação de energia (SZALAVETZ, 2018).

De acordo com Vey *et al.* (2017), se torna fundamental destacar o papel da cultura organizacional da indústria 4.0, priorizando o controle da resistência organizacional, em busca da aceitação cultural das inovações apresentadas durante todo o processo de implementação.

## **2.6 Competências do profissional da Indústria 4.0**

Além das mudanças na tecnologia e na organização do trabalho, a Indústria 4.0 também muda os perfis de trabalho e as competências necessárias do profissional que atua nesse cenário (HERZOG *et al.*, 2016).

O estudo e desdobramento de competências na atualidade vem sofrendo constantes evoluções. O resultado disso é que eles não representam mais uma vantagem competitiva específica, mas se tornaram uma característica básica de atuação nas organizações. As competências padrões que os indivíduos adquirem por meio da escolaridade regular muitas vezes não são suficientes para acompanhar as necessidades que surgem junto ao desenvolvimento das indústrias. Portanto, a necessidade de identificar, medir e desenvolver as competências dos funcionários é de extrema importância (JERMAN *et al.*, 2018).

A identificação das competências é necessária para entender e formar os perfis de trabalho que atendam as necessidades presentes e futuras do mercado de trabalho (HECKLAU *et al.*, 2016). Segundo Hernandez-de-Menendez (2020), Jerman *et al.* (2018), World Economic Forum (2016) e Hecklau *et al.* (2016), as competências necessárias podem ser classificadas em 4 categorias principais. As competências técnicas, que são ligadas aos conhecimentos por trás da execução do trabalho. As competências metodológicas, que são aquelas que se relacionam com as tomadas de decisão e resolução de problemas. As competências sociais, que estão diretamente ligadas à capacidade de trabalhar em equipe, trocar informações e se relacionar. Por fim, as competências pessoais, que abrangem valores sociais, motivações e atitudes de um indivíduo.

O Quadro 4 apresenta esses e outros autores que também definem as competências necessárias para o profissional da Indústria 4.0:



Quadro 4: Competências necessárias para o profissional da Indústria 4.0

| Cluster       | Competência                   | Descrição                                                                                                                                                                                                     | Autores                                                                                                                                                                                                              |
|---------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Técnicas      | Conhecimento de ponta         | Trata-se do conhecimento profundo sobre a indústria 4.0 (domínio de todo conteúdo) .                                                                                                                          | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); JERMAN <i>et al.</i> (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); WEF (2016)                                                                                      |
|               | Habilidades técnicas          | Trata-se das habilidades necessárias para interpretar tarefas operacionais e abordá-las de forma estratégica. Não levando em conta somente a execução de uma operação mas o objetivo do projeto como um todo. | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)                                                                                      |
|               | Compreensão do processo       | Compreender todo o processo em que está inserido o projeto.                                                                                                                                                   | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); JERMAN <i>et al.</i> (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); BAUER <i>et al.</i> (2015); GEHRKE <i>et al.</i> (2015)                                         |
|               | Habilidades de mídia          | Capacidade de utilizar mídias inteligentes (novas tecnologias, como softwares e smartphones).                                                                                                                 | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)                                                                                      |
|               | Habilidades de codificação    | Trata-se de ter capacidade de compreender e implementar códigos de programação.                                                                                                                               | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)                                                                                      |
|               | Compreender a segurança de TI | Trata-se de conhecer o conceito e ter habilidades para aplicar ferramentas de segurança cibernética.                                                                                                          | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); GEHRKE <i>et al.</i> (2015); POMPA (2015)                                                                                    |
| Metodológicas | Criatividade                  | Trata-se de ser criativo para criar produtos e soluções inovadoras.                                                                                                                                           | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); KAUR <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); GRZYBOWSKA, LUPICKA (2017); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); POMPA (2015); STORMER <i>et al.</i> (2014) |
|               | Pensamento empreendedor       | Trata-se de todo funcionário com tarefas mais responsáveis e estratégicas, assim atuando como empresário.                                                                                                     | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); KAUR <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); GRZYBOWSKA,                                                                                                      |

|         |                              |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                          |
|---------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                              |                                                                                                                                                        | LUPICKA (2017); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)                                                                                                                 |
|         | Resolução de problemas       | Capacidade de identificar as fontes de erros e melhorar os processos.                                                                                  | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); KAUR <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); GRZYBOWSKA, LUPICKA (2017); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016) |
|         | Resolução de conflitos       | Com uma maior orientação para o serviço aumenta o relacionamento com o cliente, o que faz com que conflitos necessitam ser resolvidos.                 | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); KAUR <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); GRZYBOWSKA, LUPICKA (2017); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016) |
|         | Tomada de decisão            | Competência para autonomia de tomar suas próprias decisões.                                                                                            | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); KAUR <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); GRZYBOWSKA, LUPICKA (2017); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016) |
|         | Habilidades analíticas       | Capacidade de examinar grandes quantidades de dados e processos complexos.                                                                             | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); KAUR <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); GRZYBOWSKA, LUPICKA (2017); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)             |
|         | Habilidades de pesquisa      | Capacidade de usar fontes confiáveis para aprendizagem contínua em ambientes em mudança.                                                               | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); KAUR <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); GRZYBOWSKA, LUPICKA (2017); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)             |
|         | Orientação para a eficiência | Capacidade de resolver problemas complexos que precisam ser resolvidos de forma mais eficiente, por exemplo, analisar quantidades crescentes de dados. | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); KAUR <i>et al.</i> (2020); GRZYBOWSKA, LUPICKA (2017); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); BAUER <i>et al.</i> (2015)              |
| Sociais | Habilidades interculturais   | Compreender diferentes culturas, especialmente hábitos de trabalho divergentes, ao trabalhar globalmente.                                              | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); POMPA (2015)                                                      |
|         | Habilidades linguísticas     | Ser capaz de compreender e se comunicar com clientes e parceiros globais.                                                                              | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); POMPA (2015)                                                      |
|         | Habilidades de comunicação   | Habilidades de escuta e apresentação, e habilidades de comunicação virtual suficientes.                                                                | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); POMPA (2015)                            |

|          |                                       |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                              |
|----------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | Habilidades de rede                   | Competência de trabalhar em redes de conhecimento.                                                                                                                                                        | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)                                                                         |
|          | Capacidade de trabalhar em equipe     | O trabalho em equipe crescente e o trabalho compartilhado em plataformas exigem a capacidade de seguir as regras da equipe.                                                                               | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); GEHRKE <i>et al.</i> (2015) |
|          | Capacidade de comprometer e cooperar  | As entidades ao longo de uma cadeia de valor desenvolvem-se para parceiros iguais; todo projeto precisa criar situações em que todos ganham, especialmente em empresas com trabalho de projeto crescente. | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)                                            |
|          | Capacidade de transferir conhecimento | Capacidade de reter e trocar conhecimentos, tácito e explícito dentro da empresa. Gestão do conhecimento.                                                                                                 | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); GEHRKE <i>et al.</i> (2015)               |
|          | Habilidades de liderança              | Tarefas mais responsáveis e hierarquias achatadas fazem com que cada funcionário se torne um líder.                                                                                                       | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)                                                        |
| Pessoais | Flexibilidade                         | Competência de ser flexível com as responsabilidades de trabalho em relação a rotação de tarefas e independência de tempo e local.                                                                        | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); POMPA (2015)                              |
|          | Tolerância de ambiguidade             | Aceitar mudanças, especialmente mudanças relacionadas ao trabalho devido à rotação de tarefas de trabalho ou reorientações.                                                                               | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); VERES (2018); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); GEHRKE <i>et al.</i> (2015) |
|          | Motivação para aprender               | Mudanças mais frequentes relacionadas ao trabalho tornam obrigatório que os funcionários estejam dispostos a aprender.                                                                                    | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); GEHRKE <i>et al.</i> (2015)                           |
|          | Capacidade de trabalhar sob pressão   | Os funcionários envolvidos em processos de inovação precisam lidar com o aumento da pressão, devido aos ciclos de vida mais curtos do produto e ao menor tempo de colocação no mercado.                   | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); STORMER <i>et al.</i> (2014)                          |
|          | Mentalidade sustentável               | Como representantes de suas empresas, os funcionários também precisam apoiar iniciativas de sustentabilidade.                                                                                             | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); WEF (2016); HECKLAU <i>et al.</i> (2016)                                            |

|  |              |                                                                                        |                                                                                                                     |
|--|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Conformidade | Regras mais rígidas para segurança de TI, trabalho com máquina ou horário de trabalho. | HERNANDEZ-DE-MENENDEZ <i>et al.</i> (2020); JERMAN <i>et al.</i> (2018); HECKLAU <i>et al.</i> (2016); POMPA (2015) |
|--|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Os autores (2021).

### **3. METODOLOGIA DE PESQUISA**

#### **3.1 Classificação da pesquisa**

A pesquisa em questão trata-se de um estudo de caso em uma siderúrgica brasileira. Segundo definido por YIN (2010), o estudo de caso consiste em uma investigação empírica onde analisa de forma profunda um determinado fenômeno contemporâneo, em seu contexto do mundo real. Os estudos de casos resultam em uma ativa coleta de dados, podendo envolver várias fontes de evidências, já que os dados selecionados estarão divididos entre observações no campo e entrevistas com diferentes colaboradores.

Com relação ao enfoque, o trabalho apresenta-se como uma pesquisa qualitativa. Conforme definido por Flick (2009), esta abordagem busca compreender, descrever, explicar fenômenos sociais através de diferentes formas, seja pela análise de experiências de indivíduos ou grupos, pela investigação de documentos, textos, imagens ou por traços semelhantes de experiências e integrações.

Dentre as abordagens qualitativas, foi identificado o método exploratório como fator central, analisando de forma ampla e detalhada as informações e dados obtidos com objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito e construir hipóteses (GIL, 2007).

#### **3.2 Coleta de dados**

O estudo realizado busca analisar o processo de digitalização no setor de manutenção em uma empresa siderúrgica, por meio de análise de documentos e entrevistas semiestruturadas. O conteúdo das entrevistas foi elaborado com base na literatura existente sobre barreiras e competências necessárias, contando com profissionais envolvidos na implementação e utilização da nova tecnologia.

As entrevistas foram realizadas por meio de vídeo-chamadas com o objetivo de identificar os conceitos de tecnologias da Indústria 4.0 utilizados na implantação do projeto, as barreiras vivenciadas e as competências mais importantes para o desenvolvimento do mesmo.

O Quadro 5 apresenta a relação de colaboradores entrevistados, os mesmos estão identificados pela função, gerência e atuação dentro do projeto:

Quadro 5: Colaboradores entrevistados

|   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Gerência                | Engenharia                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|   | Atuação                 | Equipe de implementação                                                                                                                                                                                                                                                    |
|   | Função                  | Técnico em manutenção                                                                                                                                                                                                                                                      |
|   | Tempo na empresa        | 5 anos                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|   | Formação                | Engenharia mecânica                                                                                                                                                                                                                                                        |
|   | Contribuição no projeto | Estruturação do ERP (módulo manutenção): Cadastramento de equipamentos e criação de planos de inspeção; Elaboração de estratégias de manutenção; Realização de treinamentos. Suporte para demais áreas: Auxiliar na estratégia de implantação ( o que fazer / como fazer). |
| 2 | Gerência                | Redução                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|   | Atuação                 | Equipe de implementação                                                                                                                                                                                                                                                    |
|   | Função                  | Técnico em manutenção elétrica                                                                                                                                                                                                                                             |
|   | Tempo na empresa        | 9 anos                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|   | Formação                | Engenharia elétrica e Técnico em elétrica                                                                                                                                                                                                                                  |
|   | Contribuição no projeto | Estruturação do ERP (módulo manutenção): Cadastramento de equipamentos e criação de planos de inspeção; Elaboração de estratégias de manutenção.                                                                                                                           |
| 3 | Gerência                | Laminação                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|   | Atuação                 | Equipe de implementação                                                                                                                                                                                                                                                    |
|   | Função                  | Técnico em manutenção elétrica                                                                                                                                                                                                                                             |
|   | Tempo na empresa        | 6 anos                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|   | Formação                | Pós graduação em engenharia de manutenção, Engenharia elétrica e Técnico em elétrica                                                                                                                                                                                       |
|   | Contribuição no projeto | Cadastramento de equipamentos e criação de planos de inspeção; Elaboração de estratégias de manutenção.                                                                                                                                                                    |
| 4 | Gerência                | Alto Forno                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|   | Atuação                 | Usuário                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|   | Função                  | Inspetor                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|   | Tempo na empresa        | 13 anos                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|   | Formação                | Técnico em mecânica                                                                                                                                                                                                                                                        |
|   | Contribuição no projeto | Utilização do mobile para realização de inspeções; Fornecimento de informações para criação dos planos de inspeção e equipamentos.                                                                                                                                         |

|   |                                |                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | <b>Gerência</b>                | Utilidades                                                                                                                                                                                                                          |
|   | <b>Atuação</b>                 | Usuário                                                                                                                                                                                                                             |
|   | <b>Função</b>                  | Inspetor                                                                                                                                                                                                                            |
|   | <b>Tempo na empresa</b>        | 4 anos                                                                                                                                                                                                                              |
|   | <b>Formação</b>                | Técnico em elétrica                                                                                                                                                                                                                 |
|   | <b>Contribuição no projeto</b> | Utilização do mobile para realização de inspeções; Fornecimento de informações para criação dos planos de inspeção e equipamentos.                                                                                                  |
| 6 | <b>Gerência</b>                | Aciaria                                                                                                                                                                                                                             |
|   | <b>Atuação</b>                 | Usuário                                                                                                                                                                                                                             |
|   | <b>Função</b>                  | Inspetor                                                                                                                                                                                                                            |
|   | <b>Tempo na empresa</b>        | 8 anos                                                                                                                                                                                                                              |
|   | <b>Formação</b>                | Técnico em mecânica                                                                                                                                                                                                                 |
|   | <b>Contribuição no projeto</b> | Utilização do mobile para realização de inspeções; Fornecimento de informações para criação dos planos de inspeção e equipamentos.                                                                                                  |
| 7 | <b>Gerência</b>                | TI                                                                                                                                                                                                                                  |
|   | <b>Atuação</b>                 | Equipe de implementação                                                                                                                                                                                                             |
|   | <b>Função</b>                  | Analista Funcional Pleno                                                                                                                                                                                                            |
|   | <b>Tempo na empresa</b>        | 24 anos                                                                                                                                                                                                                             |
|   | <b>Formação</b>                | Informática industrial, Sistemas de Informação, Engenharia de Minas, Pós graduação em Inteligência Artificial e Machine Learning em andamento                                                                                       |
|   | <b>Contribuição no projeto</b> | Suporte técnico para a aplicação do softwares utilizados nos projeto, comunicação com equipe de TI desenvolvedora do produto, desenvolvimento de novos relatórios para o ERP, desenvolvimento de sistemas e intranet da manutenção. |

Fonte: Os autores (2021)

Para a coleta de dados, foram elaborados três questionários para serem utilizados como um roteiro durante as entrevistas. O primeiro questionário, que foi aplicado apenas ao Entrevistado 7, aborda as tecnologias da Indústria 4.0 e tem como objetivo identificar quais foram utilizadas para a implementação da digitalização do setor de manutenção. O segundo e terceiro questionário, foram aplicados aos demais entrevistados, tanto para a equipe da implementação, quanto para os usuários. Os mesmos abordam as competências necessárias e as barreiras vivenciadas para implementação e utilização das tecnologias do projeto. Além disso, os entrevistados fizeram uma associação sobre quais competências consideram necessárias para mitigar as barreiras apontadas.

Os entrevistados classificaram cada barreira dentro de uma escala de vivência com intervalo de 1 a 5, sendo 1 - Nunca, 2 - Raramente, 3 - Ocasionalmente, 4 - Frequentemente e 5 - Muita frequência. As competências também foram classificadas quanto a sua importância, de 1 a 5, sendo 1 - Sem importância, 2 - Pouco importante, 3 - Razoavelmente importante, 4 - Importante e 5 - Muito importante. As respostas de todos os entrevistados foram compiladas em uma única planilha, para facilitar a análise e comparação dos dados.

As respostas dadas pelos usuários e equipe de implementação em relação às barreiras e competências são apresentadas nos Apêndice A e B, respectivamente. Além disso, as equipes também relacionaram as competências que tiveram maior impacto para mitigar as barreiras, a tabela com essa informação encontra-se no Apêndice C. A devolutiva da entrevista realizada com o profissional da TI sobre as tecnologias da Indústria 4.0 utilizadas para implementação do projeto são apresentadas no tópico 4 deste trabalho.

### **3.3 Análise dos dados**

A partir desses dados foram calculados valores de ponderação para cada barreira e cada competência. Para cada item o resultado foi obtido somando: quantidade de respostas em cada coluna multiplicada pelo peso da opção selecionada (valores de 1 a 5). Os cálculos foram feitos levando em consideração todas as respostas e também de forma separada, entre equipe de implementação e usuários. Os resultados obtidos serão apresentados na seção 4 deste trabalho.

A partir dessas ponderações, foram identificadas as barreiras mais vivenciadas e as competências mais importantes. Para análise das relações, foram consideradas aquelas que tiveram concordância de ao menos dois entrevistados. Tudo isso considerando uma análise geral, uma análise para a equipe de usuários e outra para a equipe de implementação.



## **4. CASO PRÁTICO**

### **4.1 Motivação para implementação da manutenção 4.0**

Este trabalho foi desenvolvido a partir do estudo em uma empresa siderúrgica produtora de aços longos pertencente a um grupo de atuação global. A empresa e o grupo em questão, não serão citados diretamente, a empresa será referenciada como ES (Empresa Siderúrgica) e o grupo como GS (Grupo Siderúrgico).

Durante o período de análise, a motivação do GS estava em aumentar sua parcela de mercado com a aquisição de novas unidades e buscar o fortalecimento de sua cultura organizacional para que seus resultados, anteriormente distintos, se aproximassem de um padrão de alto desempenho operacional. Partindo deste motivador, o GS organizou metas desafiadoras com retorno financeiro para o ano de 2020, em que o ganho de performance era seu principal objetivo. O desdobramento foi abrangente aos setores produtivos e de manutenção. Iremos abordar neste trabalho algumas estratégias desdobradas para a manutenção.

Tais estratégias foram inspiradas em *benchmarking* global observando o alcance do GS. O primeiro ciclo foi o de infraestrutura do software de gestão, ERP (Enterprise Resource Planning), para pavimentar a via de implantação do programa de gestão de ativos. A ES iniciou os trabalhos para mudança de suas rotinas em janeiro de 2018, seguindo um cronograma escalonado por departamentos em que a conclusão, na ótica de infraestrutura, ocorreu em janeiro de 2020. O primeiro departamento a implantar a ferramenta foi o de utilidades, seguido da redução, aciaria e laminação.

### **4.2 Estrutura organizacional para implantação da tecnologia**

O cenário de manutenção da empresa anterior ao início do projeto era muito falho, havia um histórico de paradas não programadas que impactavam de forma muito negativa na produção. Além disso, havia problemas básicos de gestão, como definição de papéis e responsabilidades. Outro ponto importante a se destacar é a forma como a inspeção dos equipamentos eram realizadas, essa atividade não era sistematizada e não havia um responsável por executá-la. Os profissionais da área de manutenção faziam as inspeções baseadas em seus conhecimentos tácitos, por meio de visitas nas áreas sem ordem de serviço e apenas nos locais e equipamentos que julgavam necessários.

Com a adoção digitalização do processo de manutenção, o principal objetivo da ES era reduzir as paradas não programadas, ocasionadas por quebra de equipamentos. Além disso, também esperava-se obter históricos sobre o estado dos equipamentos e manutenções realizadas dentro do sistema, otimização da execução da inspeção e diminuir as perdas de conhecimento com a criação de planos de inspeção bem estruturados. Como consequência, ocorreu a redução na utilização de papéis, minimizando os custos e impacto ambiental.

A implantação da nova filosofia de manutenção foi baseada em um guia de melhores práticas. Ela foi elaborada a partir de um estudo realizado entre todas as unidades do GS na Europa, abordando questões como KPI's, estratégias de manutenção, papéis e responsabilidades, entre outros.

O primeiro passo para viabilizar a nova estratégia de manutenção foi a parametrização do sistema ERP. Com isso, foi montada uma equipe para gestão da mudança na ES, por um responsável por compreender e implementar o projeto. Essa equipe foi formada por um representante de cada gerência e também funcionários especializados em tecnologia da informação. Como havia a necessidade de criação de muitas estruturas dentro do ERP, a principal função de cada membro era parametrizar o sistema (levantamento / cadastramento de equipamentos, criação dos planos de inspeção, etc) e definir estratégias para sua área, fazendo o link com a equipe de implantação. Os profissionais de TI tinham a responsabilidade de fornecer as ferramentas necessárias para a implementação do ponto de vista sistêmico e solucionar problemas que surgiam no decorrer do mesmo.

Havia também uma empresa focada na gestão da mudança. Essa empresa tinha o papel de formular materiais, treinar os colaboradores em área e fornecer apoio técnico em eventuais dúvidas, além de propor melhorias e auxiliar nas rotinas de trabalho no sistema.

Sendo assim, a equipe realizou o cadastramento de todos os ativos e componentes da planta no sistema. Toda a estrutura foi criada com códigos padrões e de forma organizada por gerência. Cada área foi dividida de acordo com sua estrutura física. Nessa fase também foi feita uma classificação dos ativos de acordo com sua criticidade, levando em consideração segurança, produção, qualidade e meio ambiente.

Por fim, baseado em manuais técnicos, análise de falhas de equipamentos e na experiência da equipe de manutenção que conhece o histórico de seus ativos, foram criados planos de inspeção

para todos os equipamentos, que estabelecem o roteiro e periodicidade em que os ativos devem ser vistoriados.

#### **4.3 Fluxo de trabalho do inspetor dentro do processo de manutenção**

A nova estratégia de manutenção definida foi a de manutenção centrada na confiabilidade, que tem como base a inspeção dos equipamentos, visando garantir a confiabilidade e disponibilidade operacional dos ativos a partir da detecção de potenciais falhas. Portanto, além de toda estrutura de sistema, foi estabelecido também um novo fluxo de trabalho para a manutenção, nele havia papéis e responsabilidades bem definidos. Sua divisão básica ocorreu entre: solicitante, avaliador técnico, avaliador financeiro, planejador, programador e executor.

O solicitante detecta uma anomalia ou defeito na instalação e a registra em uma notificação no ERP. Este ator do processo origina as demandas de manutenção a serem trabalhadas de forma planejada.

O avaliador técnico lida com todas as solicitações de trabalho recebidas (notificações), verificando a necessidade ou não de atendimento daquele trabalho, isto do ponto de vista técnico. Ao concordar com o prosseguimento da tarefa, o mesmo determina a prioridade e estima os custos envolvidos.

O avaliador financeiro confronta as demandas dos avaliadores técnicos, verificando a disponibilidade financeira em função das prioridades da equipe. Quando o trabalho é aprovado financeiramente, o avaliador financeiro permite comprometer o orçamento do departamento no valor estimado pelo avaliador técnico. Variações acima do acordado interrompem o fluxo no ERP, sendo necessária uma nova aprovação.

O planejador é responsável pela preparação do trabalho. Ele detalha a ordem de serviço aprovada pelo avaliador financeiro determinando a forma de execução da tarefa. Especifica os materiais e componentes necessários e garante sua disponibilidade em uma data anterior à de programação da atividade.

O programador atua nas ordens já planejadas determinando a data a se executar a atividade em consonância com o calendário produtivo. Associa o recurso adequado à boa execução da tarefa, assegurando que o trabalho ocorreu da forma que foi planejada.

O executor conclui o ciclo da rotina de manutenção realizando a intervenção que foi programada.

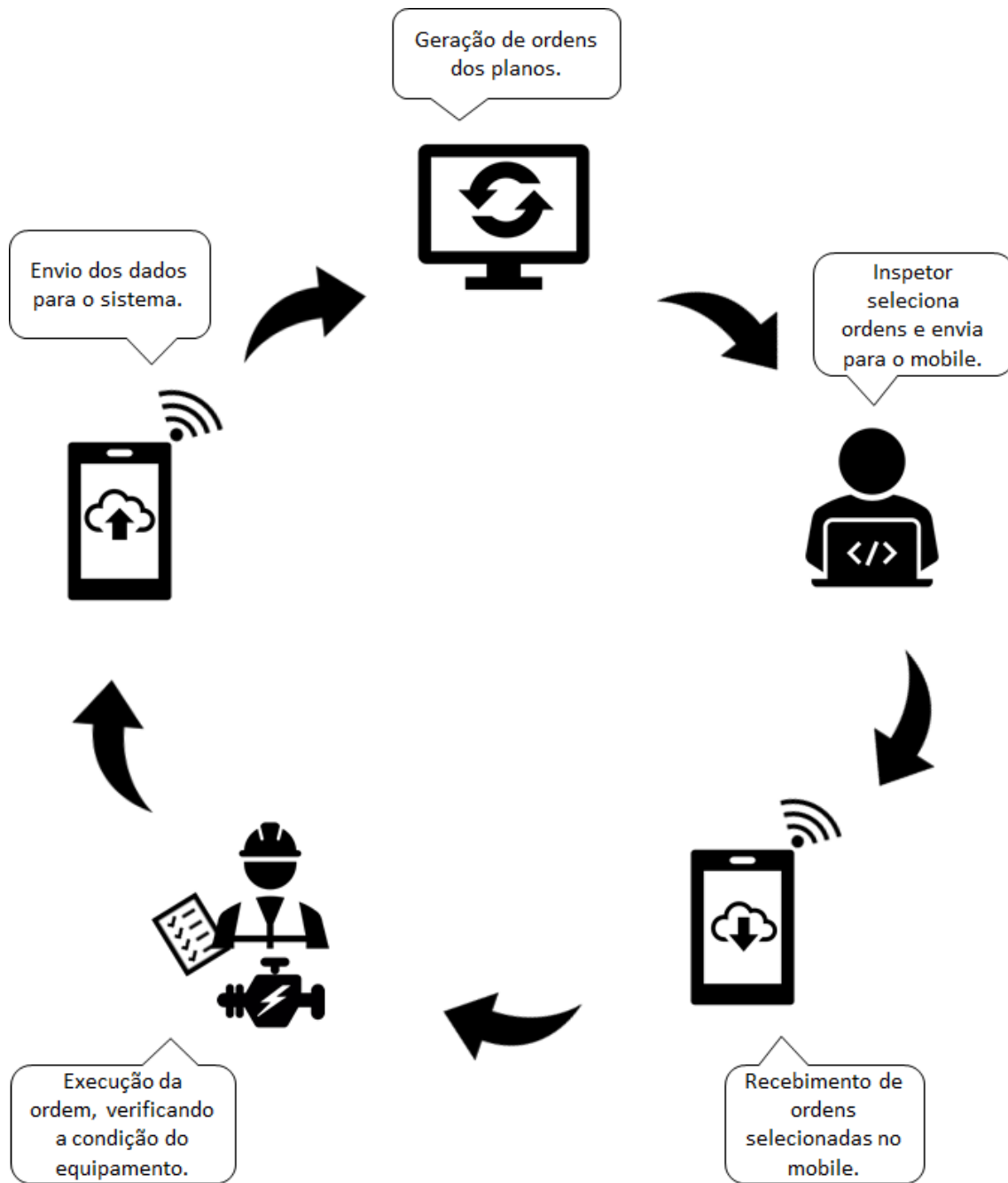
Sendo assim, um dos pilares dessa estratégia é a inspeção, que a partir de então passa a ser sistematizada, com a criação de planos que definem periodicidades e atividades a serem executadas. Visando verificar o estado do equipamento, onde surge a figura do inspetor como responsável pelo cumprimento dos planos e verificação do estado dos equipamentos.

O que viabilizou a execução da nova estratégia foi o mobile, um smartphone. Para essa ferramenta, foi desenvolvido um aplicativo por uma empresa da Europa do GS, fazendo a integração do ERP com o mobile. Assim, possibilitando que o inspetor atribuisse suas ordens de serviço nesse aparelho e as execute ao pé do equipamento, registrando informações sobre as condições dos ativos no local. Tornando possível também registros fotográficos, alimentando o sistema com os resultados gerados.

As ordens de serviço geradas pelos planos solicitam verificações tanto qualitativas (limpeza, quebra, testes, etc) quanto quantitativas (tensão, corrente, vibração, etc), que futuramente poderiam ser consultadas e analisadas. Registros de anomalias encontradas geram notificações que são submetidas no fluxo de manutenção.

Essa nova ferramenta é o principal objeto desse estudo, sendo utilizada pelo inspetor (solicitante). O fluxo de trabalho do inspetor é demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Fluxo de trabalho do inspetor



Fonte: Os autores (2021)

Em resumo, para sistematização do processo, todos os equipamentos da planta foram cadastrados no sistema. Para cada um deles foi atribuído um plano de inspeção, e com uso do mobile o inspetor passa a alimentar o sistema com as informações da condição do ativo, gerando histórico e solicitações de manutenção. Tudo isso contribuiu para o processo de digitalização da inspeção, que faz parte da estratégia de manutenção centrada na confiabilidade.

#### 4.4 Tecnologias habilitadoras adotadas no projeto

Com o objetivo de caracterizar as tecnologias da Indústria 4.0 que habilitaram o uso do mobile, foi entrevistado um colaborador da gerência de Tecnologia da Informação, identificado como Entrevistado 7 no Quadro 4 da metodologia, que atuou como analista de sistemas, sendo responsável pelo projeto a nível nacional.

Na entrevista em questão, o roteiro utilizado foi baseado nas nove tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 apresentadas no tópico 2.3: Cibersegurança, Realidade aumentada, Big Data, Robótica autônoma, Impressão 3D, Simulação, Integração de sistemas, Computação em nuvem e Internet das coisas. Desta forma, foi solicitado ao Entrevistado 7 que comentasse sobre cada um desses itens, informando de qual forma foram aplicados dentro do projeto.

A cibersegurança foi utilizada na criação de uma rede Industrial (protegida do ambiente usina) separada para os dispositivos móveis. Cada dispositivo tem uma validação no servidor (MEI do dispositivo) para autenticação na rede. Assim não havia o risco de os usuários acessarem a rede principal da usina por meio do mobile.

Há um projeto com a aplicação de realidade aumentada em testes pela equipe de TI que através do óculos com o uso do *smart glass*. Esta implementação irá auxiliar na integração com o aplicativo *mobile inspections*, apoiando nas inspeções e sendo utilizado de forma interativa na visualização dos equipamentos durante os serviços.

A tecnologia Big Data é utilizada para geração de histórico das inspeções realizadas via mobile, dando suporte ao software de *business intelligence* e gerando histórico de dados para análise de módulo de falha / FMEA.

Dentro do software ERP há disponível o ambiente de qualidade onde eram simulados todos os processos antes da sua criação definitiva no sistema, sendo isso caracterizado como simulação.

A integração de sistemas foi muito importante para o desenvolvimento do projeto, pois foi feita a integração do mobile com o ERP, sistema de monitoramento online e portal do fluxo de serviços de terceiros.

Por fim, a última tecnologia identificada foi a de computação em nuvem, que permitiu o acesso aos planos e ordens de inspeção, atribuição e devolução de inspeções de qualquer lugar da usina

que estivesse conectado a rede, além disso havia também algumas funções auxiliares como a de consulta de desenhos técnicos e manuais em um canal único.

A robótica autônoma, impressão 3D e internet das coisas não se aplicam ao projeto. A Figura 5 apresenta um resumo das tecnologias identificadas no projeto.

Figura 5: Tecnologias utilizadas para implementação

| Tecnologias habilitadoras utilizadas no projeto |                        |
|-------------------------------------------------|------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/>             | Cibersegurança         |
| <input checked="" type="checkbox"/>             | Realidade Aumentada    |
| <input checked="" type="checkbox"/>             | Big Data               |
| <input checked="" type="checkbox"/>             | Simulação              |
| <input checked="" type="checkbox"/>             | Integração de Sistemas |
| <input checked="" type="checkbox"/>             | Computação em Nuvem    |
| <input type="checkbox"/>                        | Internet das Coisas    |
| <input type="checkbox"/>                        | Robótica Autônoma      |
| <input type="checkbox"/>                        | Impressão 3D           |

Fonte: Os autores (2021)

#### 4.5 Barreiras vivenciadas durante a implementação

Para adoção da nova filosofia de manutenção com uso do mobile, a ES enfrentou diversos desafios. A análise das entrevistas permitiu identificar e classificar as barreiras à adoção do uso do mobile, tanto do ponto de vista da equipe de implementação quanto pelos usuários da tecnologia.

Assim como foi apresentado no referencial teórico, as barreiras foram divididas em 4 clusters: barreiras tecnológicas, barreiras dos trabalhadores, barreiras de finanças e barreiras de processos. A seguir, os resultados serão apresentados divididos em três tópicos: i) Análises feitas a partir da observação de cada barreira dentro dos clusters, ii) Comparação entre os clusters e iii) Barreiras mais vivenciadas. Todas as análises foram feitas do ponto de vista geral, da equipe de implementação e dos usuários.

Os valores presentes nos gráficos foram obtidos a partir da ponderação das notas atribuídas pelos entrevistados a cada barreira, conforme pode ser visto na Figura 6. Os entrevistados atribuíram uma nota de 1 a 5 para a frequência que vivenciaram cada uma das barreiras. Os valores da ponderação foram obtidos pela fórmula 1:

$$\sum Q * F \quad \text{(Fórmula 1)}$$

Onde Q representa a quantidade de votos e F o valor da frequência vivenciada (1 a 5). Para os valores geral (G) foram considerados todos os entrevistados, para a implementação (I), os entrevistados de 1 a 3 e para os usuários (U), os entrevistados de 4 a 6. Para análise comparativa entre os cluster foi feita uma média aritmética. Os valores obtidos podem ser visualizados na Figura 6 como “Média do cluster”.



Figura 6: Barreiras vivenciadas - Ponderação

| BARREIRAS                   |                                                                  | Frequência    |               |            |      |   | Ponderações |      |      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------|------|---|-------------|------|------|
|                             |                                                                  | 1             | 2             | 3          | 4    | 5 | G           | I    | U    |
| Barreiras tecnológicas      | Falta de conhecimento                                            | 4, 6          | 5             | 2, 3       | 1    |   | 14          | 10   | 4    |
|                             | Falta de infraestrutura                                          | 3, 4, 5, 6    |               |            | 1, 2 |   | 12          | 9    | 3    |
|                             | Falta de cultura na digitalização                                | 3, 4, 5, 6    | 1             | 2          |      |   | 8           | 5    | 3    |
|                             | Falta de padrão                                                  | 1, 3, 4, 5, 6 | 2             |            |      |   | 7           | 4    | 3    |
|                             | Falta de segurança dos dados                                     | 1, 3, 4, 5, 6 | 2             |            |      |   | 7           | 4    | 3    |
|                             | Risco de violação                                                | 1, 3, 4, 5, 6 | 2             |            |      |   | 7           | 4    | 3    |
|                             | Falta de proteção das propriedades intelectuais                  | 1, 3, 4, 5, 6 | 2             |            |      |   | 7           | 4    | 3    |
|                             | Média do cluster                                                 |               |               |            |      |   | 8,86        | 5,71 | 3,14 |
| Barreiras dos trabalhadores | Falta de habilidades digitais                                    |               |               | 2, 3, 4, 6 | 5    | 1 | 21          | 11   | 10   |
|                             | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores                |               | 4, 5, 6       | 3          | 2    | 1 | 18          | 12   | 6    |
|                             | Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela indústria |               | 4, 5, 6       | 3          | 1, 2 |   | 17          | 11   | 6    |
|                             | Falta de treinamentos                                            | 4             | 1, 3          | 2, 5, 6    |      |   | 14          | 7    | 7    |
|                             | Falta de conhecimento dos conceitos da indústria 4.0             | 3, 6          | 4, 5          | 1          | 2    |   | 13          | 8    | 5    |
|                             | Falta de sistemas para gestão do conhecimento                    | 1             | 2, 3, 4, 5, 6 |            |      |   | 11          | 5    | 6    |
|                             | Falta de mão de obra qualificada                                 | 1, 4, 5       | 2, 3, 6       |            |      |   | 9           | 5    | 4    |
|                             | Média do cluster                                                 |               |               |            |      |   | 14,7        | 8,43 | 6,29 |
| Barreiras de finanças       | Falta de investimentos da implementação da indústria 4.0         | 1, 4, 5, 6    | 2, 3          |            |      |   | 8           | 5    | 3    |
|                             | Escassez de recursos financeiros                                 | 1, 3, 4, 5, 6 | 2             |            |      |   | 7           | 4    | 3    |
|                             | Média do cluster                                                 |               |               |            |      |   | 7,5         | 4,5  | 3    |
| Barreiras de processos      | Falta de liderança ativa                                         | 3, 4          | 5, 6          | 2          | 1    |   | 13          | 8    | 5    |
|                             | Falta de planejamento e atividades                               | 1, 3, 4       | 6             | 2, 5       |      |   | 11          | 5    | 6    |
|                             | Falta de competências de gestão eficaz                           | 3             | 1, 2, 4, 5, 6 |            |      |   | 11          | 5    | 6    |
|                             |                                                                  | 1, 3, 5       | 4, 6          | 2          |      |   | 10          | 5    | 5    |
|                             | Dificuldade de coordenação                                       | 3, 4, 5, 6    | 2             | 1          |      |   | 9           | 6    | 3    |
|                             | Falta da cultura corporativa nos conceitos da indústria 4.0      | 1, 3, 4, 5, 6 |               | 2          |      |   | 8           | 5    | 3    |
|                             | organizacional                                                   | 1, 4, 5, 6    | 2, 3          |            |      |   | 8           | 5    | 3    |
|                             | Resistência organizacional                                       | 1, 2, 4, 5, 6 |               | 3          |      |   | 8           | 5    | 3    |
|                             | Falta de estratégias digitais                                    | 1, 3, 4, 5, 6 |               | 2          |      |   | 8           | 5    | 3    |
|                             | Média do cluster                                                 |               |               |            |      |   | 9,56        | 5,44 | 4,11 |

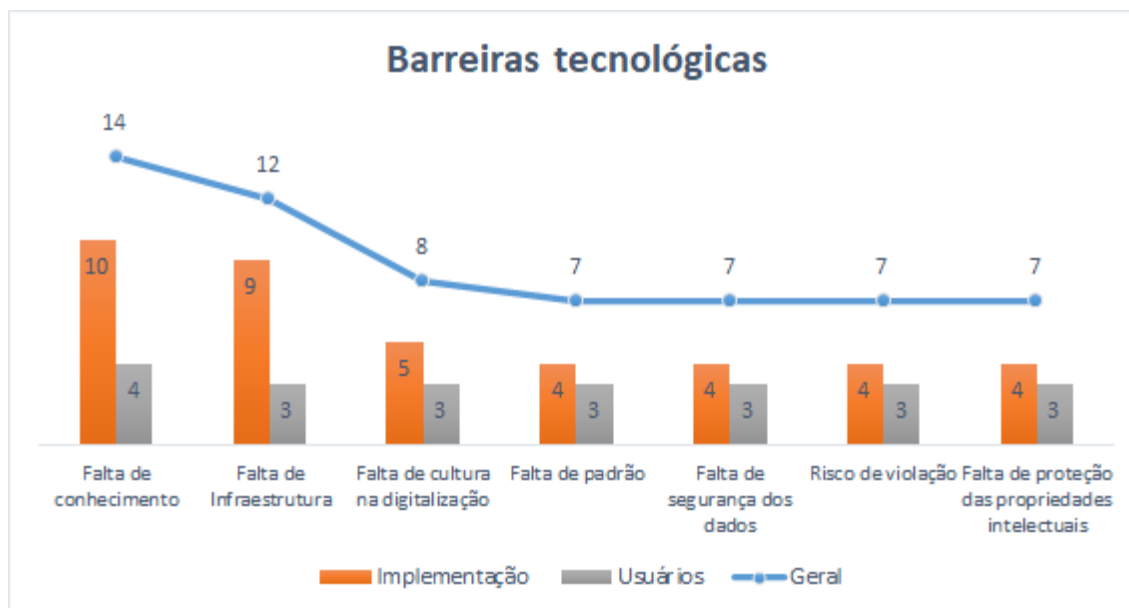
Fonte: Os autores (2021)

Para facilitar a compreensão das análises, adotamos os termos Implementador 1, 2 e 3 para os Entrevistados 1, 2 e 3 e Usuário 1, 2 e 3 para os Entrevistados 4, 5 e 6, respectivamente.

#### 4.5.1 Análise das barreiras por cluster

Em relação ao cluster das **barreiras tecnológicas**, as barreiras “Falta de conhecimento” (14) e “Falta de infraestrutura” (12) foram as mais vivenciadas. Os resultados obtidos sobre as barreiras tecnológicas vivenciadas pela equipe são apresentados no Gráfico 1:

Gráfico 1: Barreiras tecnológicas



Fonte: Os autores (2021)

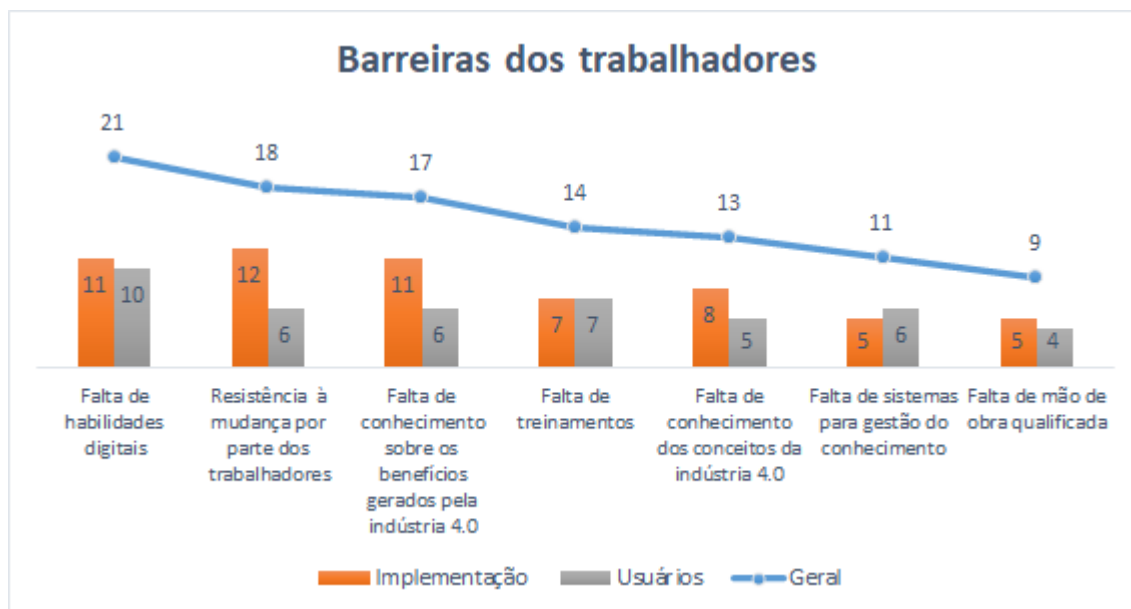
Em relação à “Falta de conhecimento” (14), o Implementador 1 ressalta problemas enfrentados para compreender e aplicar a ferramenta que foi disponibilizada à ES: “[...] Receberam o aplicativo já desenvolvido da Europa, mas não sabiam como funcionava. Sabiam apenas que usavam fora do Brasil e dava certo. Sofreram bastante por falta de conhecimento [...]”. Segundo o Implementador 2, a falta de infraestrutura foi vivenciada com frequência em relação ao aparelho utilizado e a rede de internet da ES: “[...] No início fizemos a compra de uns celulares para serem utilizados, mas acabamos tendo que descartá-los porque eles travavam muito, e vimos que iríamos precisar de celulares com maior qualidade [...]” ele ainda disse “[...] Para atribuir as ordens no mobile e devolver as inspeções para o sistema é preciso estar conectado ao wifi e na usina não temos o sinal de internet disponível em todos os locais, principalmente fora dos escritórios [...]”.

As respostas dos usuários para esse cluster foi em sua grande maioria “nunca”, havendo apenas um registro “raramente”, identificado pelo Usuário 3 com a seguinte afirmação: “[...] Eu não vivenciei nenhuma dessas barreiras. Como inspetor, eu utilizo basicamente o mobile e o computador, e isso sempre esteve disponível para mim na área [...]”.

No que tange ao cluster das **barreiras dos trabalhadores**, a barreira mais vivenciada foi a “Falta de habilidades digitais” (21). Essa barreira foi notada tanto pela equipe da implementação

quanto pelos usuários. O Gráfico 2 apresenta os resultados obtidos sobre as barreiras dos trabalhadores vivenciadas pelos entrevistados:

Gráfico 2: Barreiras dos trabalhadores



Fonte: Os autores (2021)

Dentro deste cluster, a barreira mais vivenciada foi a "Falta de habilidades digitais" (21). Essa barreira foi notada tanto pela equipe da implementação quanto pelos usuários. Segundo o Implementador 1 “[...] A falta de habilidade digital foi vista no uso do sistema e na falta de entendimento do funcionamento [...]”. O Implementador 2 disse: “[...] Uns com mais facilidade, outros com menos. Mas ocasionalmente aconteceu [...]”. Segundo os usuários, essa foi a barreira mais vivenciada dentro do cluster, o Usuário 2 explicou: “[...] Como era algo novo, demorou um pouco para aprender todas as funções. Várias vezes me perdi e tive que buscar ajuda para solucionar alguns problemas que surgiam durante o uso. O aplicativo também apresentava alguns erros que foram sendo corrigidos [...]”.

Ainda neste cluster, a barreira referente à "Resistência à mudança por parte dos trabalhadores" (18), foi a segunda colocada dentro do cluster e a mais vivenciada segundo a equipe de implementação. “[...] No início, foi uma barreira vista frequentemente, porque a gestão da mudança foi um pouco pesada. Teve gente que assustou com a ideia do projeto, então foi difícil colocar na cabeça do pessoal que seria um benefício [...]” (Implementador 2). O Implementador 3 complementou: “[...] Ocasionalmente aconteceu, assim como todo projeto

*demanda uma mudança na cultura, no comportamento, na forma de trabalhar, tirar algumas pessoas da zona de conforto e mudar os métodos de trabalho, eles encontram resistência. Tem várias formas de quebrar essa resistência, ela está diretamente ligada a falta do conhecimento e entendimento da importância do uso da ferramenta, então quem não conseguia ver valor nessa digitalização, de certa forma transformou isso em uma resistência e impactava no resultado final [...]”.*

Porém, por parte dos usuários ela foi menos notada sendo classificada como vivenciada raramente por todos eles. O Usuário 5 justificou: *“[...] No início houve apenas algumas pessoas achando que era bobeira, mas eram minoria e com o passar do tempo acabaram deixando isso de lado ao aprender utilizar o mobile no dia a dia [...]”.*

A barreira “Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela indústria 4.0” (17) também teve destaque entre as barreiras dos trabalhadores, sendo mais vivenciada pela equipe de implementação. Segundo o Implementador 1: *“[...] Até provar que era importante o uso, deu trabalho. Porém, passaram a utilizar pela praticidade, não pela visão 4.0 do negócio, não pela sistematização da informação. Passaram a utilizar mais por não precisar levar papel para área. [...]”.* Já a equipe de usuários relataram ter vivenciado raramente essa barreira, segundo o Usuário 3 *“[...] As vezes eu até via algumas pessoas se questionando sobre os benefícios, mas no geral eu notei que a equipe, em sua maioria, estava ciente de como o mobile seria benéfico para a usina [...]”.*

A “Falta de treinamentos” (14) também foi identificada como uma barreira, porém de menor impacto em relação às citadas acima, porém houve algumas divergências entre os pontos de vista dos implementadores. De acordo com o Implementador 1: *“[...] Se faltou algum treinamento foi porque o colaborador não foi no dia, ou mudou de função depois do treinamento e não nos comunicou, afinal a gente tinha uma equipe direcionada para dar esses treinamentos, então eu defino que essa barreira raramente foi vista [...]”.* Já o Implementador 2 apresentou uma visão diferente: *“[...] Como todo projeto, vamos falar assim, tem um princípio, meio e fim. E como as datas para as transições das outras áreas estavam meio em cima, essa parte de treinamentos foi vendido que teria treinamentos e uma coisa bem estruturada. Tiveram alguns, mas para alguns setores, mas no meu caso em específico, que faço parte do PCM, não tive um treinamento específico de como é o uso do sistema, quais são os KPI's que estou envolvido diretamente, de planejamento e de programação. Eu não tive, mas foi vendido que teriam esses momentos. Mas em contrapartida eu tive treinamentos sobre*

*inspeção, por isso eu coloco como ocasionalmente, por esses momentos. Foi algo que nasceu estruturado mas na prática não conseguimos aprofundar tanto [...]”.*

O mesmo aconteceu com os usuários. O Usuário 1 disse que a falta de treinamentos nunca foi vivenciada: *“[...] Tivemos treinamentos e também teve um tempo de adaptação, até que o mobile passou a ser obrigatório. Particularmente, isso nunca foi um problema [...]”.* Já o Usuário 3 disse ter visto essa barreira ocasionalmente, relatando algumas dificuldades: *“[...] Havia os treinamentos para ensinar a usar o mobile, mas quando a gente ia trabalhar mesmo, surgiam problemas e as vezes demorava um pouco até conseguirmos solucionar. O pessoal do projeto ficava em outra área e nem sempre tinham disponibilidade de me atender no momento em que eu precisava [...]”.*

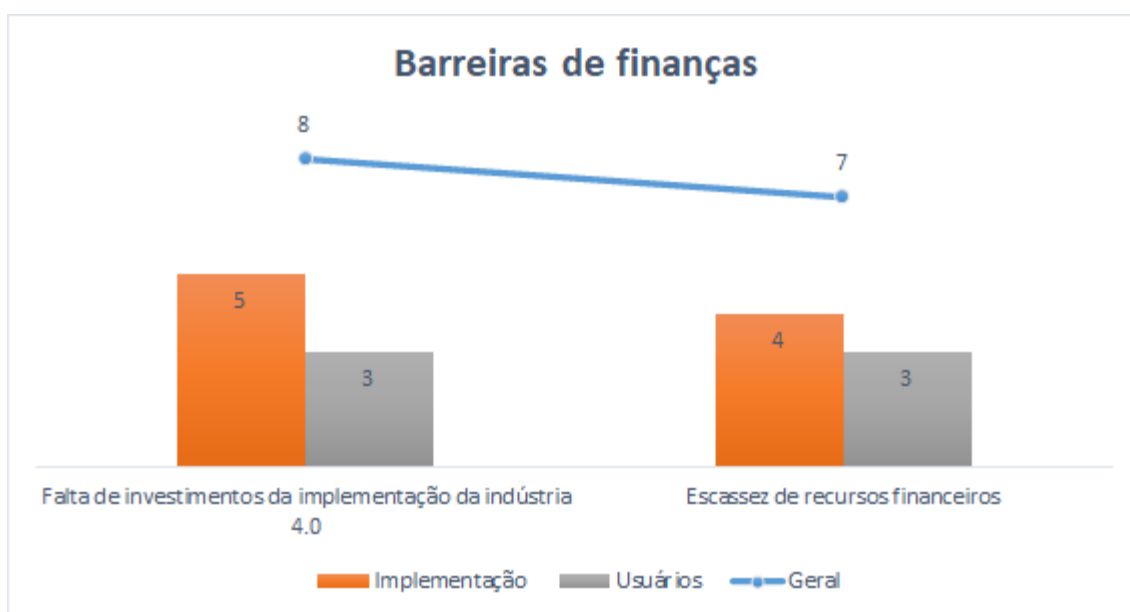
A “Falta de conhecimento dos conceitos da Indústria 4.0” (13) vem na sequência de barreiras mais vivenciadas no cluster. O Implementação 2 disse ter vivenciado a mesma frequentemente e relatou o maior impacto sofrido por ela: *“[...] Bastante gente lá não entendeu o que era, até hoje ainda se perde um pouco do conceito do que é Indústria 4.0 [...]”.* Em contrapartida, o Implementador 3 disse nunca ter vivenciado: *“[...] A equipe da implementação tinha muito conhecimento da Indústria 4.0, o pessoal tinha noção da importância e benefícios que aquela digitalização através do mobile ia trazer para a gente. Quando você faz a inspeção no papel, você gera informação mas não gera conhecimento, a partir do momento que você passa a ter a confirmação dos indicadores pelo mobile, você consegue gerar um conhecimento, índices, indicadores que te permitem controlar melhor as coisas. Antes esse conhecimento ficava centrado em poucas pessoas mas hoje está para todos [...]”.* O Usuário 3 relatou uma visão semelhante a do Implementador 3, dizendo também nunca ter vivenciado essa barreira: *“[...] A gente recebeu tudo pronto, só fomos treinados para saber como usar o mobile e o sistema [...]”.*

A “Falta de sistemas para gestão do conhecimento” (11) e “Falta de mão de obra qualificada” (9) foram as duas barreiras menos vivenciadas dentro do cluster, de acordo com os entrevistados, as mesmas nunca foram vivenciadas ou foram vivenciadas raramente. O Implementador 2 explicou: *“[...] O sistema não faltou, a gente teve durante o processo a atualização do SIG, mas o problema é a questão da utilização, né? O sistema existia mas as pessoas não utilizavam. A falta dele não é um problema, mas volta na questão anterior sobre conhecimento, porque se eu conhecesse, eu saberia usar [...]”.* Em relação à falta de mão de obra qualificada, o Usuário 1 disse: *“[...] A todo momento tivemos o apoio técnico necessário,*

*como eu disse, às vezes o atendimento podia não ser naquele momento, mas todos tinham um bom domínio do assunto para dar apoio [...]”.*

Analisando o cluster das **barreiras de finanças**, que possui apenas duas barreiras, observou-se que no geral, os entrevistados não viram ambas como algo que impactou no desenvolvimento do projeto. O Gráfico 3 apresenta os resultados obtidos sobre as barreiras de finanças vivenciadas pelos trabalhadores:

Gráfico 3: Barreiras de finanças



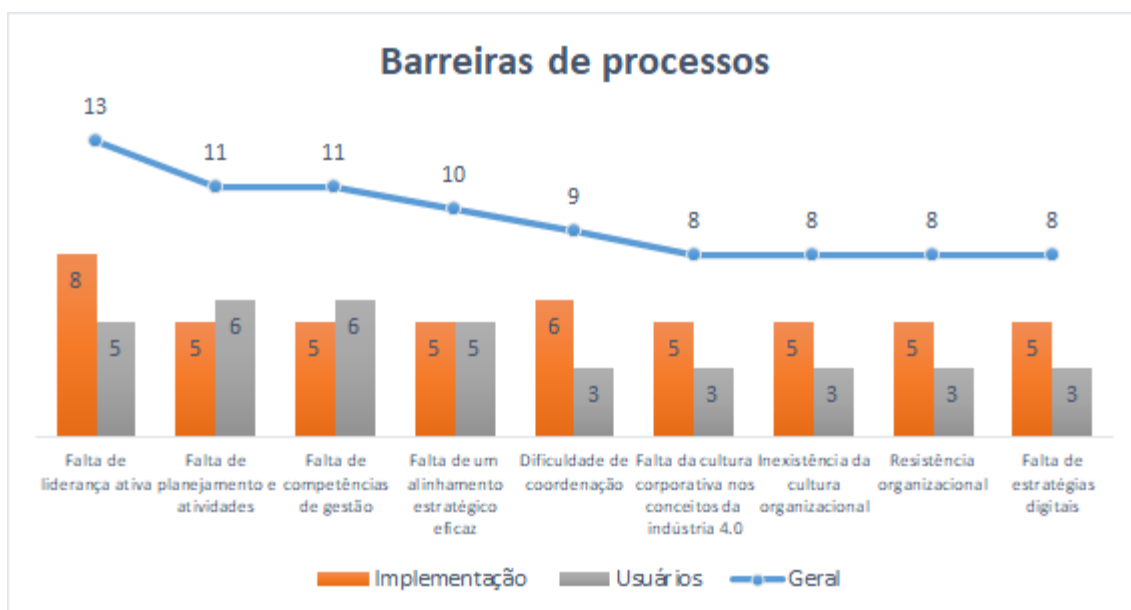
Fonte: Os autores (2021)

Esse cluster contém apenas duas barreiras, e no geral, os entrevistados não viram ambas como algo que impactou no desenvolvimento do projeto. Entre os implementadores a “Falta de investimentos da implementação da indústria 4.0” (8) foi citada por dois como raramente e um como nunca vivenciada, a barreira “Escassez de recursos financeiros” (7) foi citada por um como raramente e dois como nunca vivenciada. O Implementador 2 argumentou: “[...] O projeto nasceu como algo macro e veio topdown, então o aporte financeiro já estava bem estruturado, foi tranquilo. Raramente acontecia alguma coisa, como um mobile por exemplo, tivemos que segurar um mês ou outro para comprar, mas no geral foi tranquilo [...]”. Com o mesmo pensamento, o Implementador 3 complementou: “[...] Tinha uma boa verba e raramente tem essa opção em não investir, mas na maioria das vezes investia sim [...]”. Por fim, todos os usuários responderam nunca ter vivenciado ambas as barreiras de finanças. O

Usuário 1 disse: “[...] Não houve nenhuma falta de investimento ou escassez de recursos financeiros, teve verba para todo o projeto, não faltou hora nenhuma [...]”.

Por fim, o cluster das **barreiras de processos**, teve a barreira “Falta de liderança ativa” (13) como aquela que recebeu maior nota, sendo também a única barreira citada como frequentemente vivenciada. O Gráfico 4 apresenta os resultados obtidos sobre as barreiras de processos vivenciadas pelos trabalhadores:

Gráfico 4: Barreiras de processos



Fonte: Os autores (2021)

Dentro do cluster de barreiras de processos o item que recebeu maior nota foi a “Falta de liderança ativa” (13), sendo também a única barreira citada como frequentemente vivenciada. O Implementador 1 justificou: “[...] Algumas lideranças deixaram a desejar, pois permitiam algumas situações onde a inspeção seria prioridade por se tratar de um processo que sustenta a manutenção [...]”, O Implementador 2 complementou: “[...] No início tivemos que mudar algumas pessoas que eram consideradas líderes. Entendo que um projeto, até mesmo olhando a literatura sobre a Indústria 4.0, diversas empresas especializadas no assunto vão falar que a implementação da Indústria 4.0 dentro de qualquer organização tem que ser top down, ou seja, tem que vir de um nível estratégico para baixo. No início a informação foi dada desta forma, mas em determinados momentos ficamos sem essa referência. Quem é a pessoa em específico que está coordenando isso? Onde vamos buscar as informações? Quem está dando esse apoio

específico? Muito por conta da priorização também, outras coisas foram acontecendo naquele momento, então essa liderança ficou afastada em alguns momentos do projeto. [...]”. Em contrapartida o Implementador 3 disse nunca ter vivenciado essa barreira: “[...] Não foi uma barreira porque o projeto tinha líderes de cada área, tinha um líder do projeto fazendo a centralização, o envolvimento das gerências de manutenção das áreas e a interface entre o projeto da engenharia com as lideranças das áreas. Os diretores e a parte corporativa era envolvida em todos os níveis, desde o operacional até o gerencial e a diretoria estava alinhada em seu papel [...]”. Entre os usuários essa barreira foi pouco notada, o Usuário 1 seguiu a mesma linha de raciocínio do Implementador 3, dizendo nunca ter vivenciado tal barreira: “[...] Meu supervisor sempre apoiou o projeto e fazia o acompanhamento de perto sobre a evolução da implementação, ele também sempre nos apoiou em eventuais dificuldades [...]”.

Em segundo lugar ficaram empatadas as barreiras “Falta de planejamento e atividades” (11) e a “Faltas de competências de gestão”. Em relação a primeira entre a equipe de implementação, um citou ter vivenciado ocasionalmente e os outros dois nunca vivenciaram. O Implementador 2 disse: “[...] Ocasionalmente tivemos uma falta de planejamento, porque nasceu de uma forma bem estruturada, mas em um momento ou outro os conceitos foram deixados de lado, então acho que o planejamento pecou neste sentido [...]”. Ainda sobre a falta de planejamento, os usuários responderam entre nunca e ocasionalmente sobre a vivência. O Usuário 2 comentou: “[...] Digo que foi ocasionalmente, porque havia um cronograma muito bem definido, mas em alguns momentos ele era alterado devido imprevistos que surgiam na área e eram priorizados, deixando o projeto um pouco de lado [...]”.

A barreira “Faltas de competências de gestão” (11) foi citada por um implementador como nunca vivenciada e raramente para os demais entrevistados. Como justificativa, o Implementador 3 cita que: “[...] Desde o começo, até pela equipe de gestão já estar muito bem definida, creio que as pessoas selecionadas para tomar frente desse projeto eram totalmente capazes de exercer seu papel dentro do mesmo [...]”. O Usuário 3 argumenta que: “[...] No início não ficou bem claro para a gente quais seria nosso papel como inspetor usando o mobile, o que mudaria na nossa rotina. Isso foi resolvido rapidamente, mas devo marcar raramente porque foi algo que existiu [...]”.

A “Falta de um alinhamento estratégico eficaz” (10) foi a próxima barreira mais vivenciada. O Implementador 2 disse ter vivenciado ocasionalmente, enquanto os demais nunca vivenciaram. “[...] De forma geral, estrategicamente falando, a gente poderia ter feito algo melhor, poderia



*ter nascido, melhor posicionando determinadas pessoas com determinadas aptidões para determinada função ou determinada responsabilidade. Entendi isso como uma questão estratégica, estávamos tentando trocar a roda com carro em movimento, entende? Trocar pessoas no organograma, então pecou nessa questão estratégica. No fim deu certo, mas no início começou um pouco errado [...]”* (Implementador 2). O Implementador 3 relatou nunca ter vivenciado essa barreira: *“[...] Não foi uma barreira porque o projeto foi entregue dentro do cronograma, inclusive o nível da entrega ficou acima da expectativa de acordo com a gerência. Então o que foi planejado foi cumprido. Foi um projeto muito bem feito [...]”*. O Usuário 2 também relatou nunca ter vivenciado essa barreira, e os outros ficaram com a opção raramente. Segundo o Usuário 1 *“[...] Nosso supervisor sempre esteve presente no projeto, e atuou de forma a nos deixar a par do assunto, sobre onde o projeto iria chegar, mas escolhi a opção raramente porque houve alguns momentos em que ele por estar resolvendo outros assuntos acabava se afastando um pouco [...]”*.

Na sequência ficou a barreira “Dificuldade de coordenação” (9) com a nota nove. Entre os implementadores o que relatou maior vivência foi o Usuário 1, o mesmo disse que *“[...] Alguns líderes demoraram para definir quais seriam seus inspetores, portanto, no meu ponto de vista, algumas vezes essa dificuldade de coordenar acabou influenciando negativamente no projeto [...]”*. Todos os usuários disseram nunca ter vivenciado essa barreira. O usuário 2 disse: *“[...] Foi tudo bem planejado e executado. Os líderes não demonstraram dificuldades de coordenar, tinham controle de toda a equipe [...]”*.

As demais barreiras e processo ficaram com a mesma pontuação (8), tanto do ponto de vista geral, quanto da equipe de implementação e os usuários.

Sobre a barreira “Falta de cultura corporativa nos conceitos da Indústria 4.0” (8), o Implementador 2 foi o único entrevistado que disse ter a vivenciado. Ele confirma o fato com a seguinte fala: *“[...] Ocasionalmente, por causa da conceituação da Indústria 4.0. Se for pegar na literatura o que é abordado na Indústria 4.0, eu entendo que de forma geral a usina começou um pouco distante da aplicação do conceito. Queria fazer algo chamando de Indústria 4.0 mas se você fosse pesquisar na literatura, aquilo não era Indústria 4.0. Um sensor, por exemplo, não é, mas utilizar a informação que este sensor está me dando, aí sim. Então essa cultura corporativa, eu diria que estamos arrastando um pouquinho ainda. [...]”*. Já o Usuário 3 disse nunca ter vivenciado a barreira, concluindo: *“[...] Eu acredito que isso nunca foi um problema, até mesmo porque vemos que a empresa está sempre tentando inovar, o uso do mobile é só*

*mais um exemplo entre outras tecnologias já implantadas [...]”.* O Implementador 1, concorda com a visão acima e finaliza dizendo: *“[...] Todo esse projeto foi coordenado por uma estrutura corporativa, foi acompanhado, houve padronização entre unidades. Então tudo que acontecia aqui na usina aconteceria nas outras unidades. Diria que o corporativo era um dos times que puxavam este trabalho, tinham essa cultura e buscavam compartilhar essa cultura para as outras áreas. [...]”*

Em relação à barreira “Resistência organizacional” (8), o Implementador 3 foi o único a dizer que vivenciou ocasionalmente a mesma, justificando: *“[...] Todo projeto quando muda a forma de trabalhar tem essa vertente de resistência por parte do time, organizacionalmente falando, parte do time teve certa resistência, mas com treinamento e uma melhora no entendimento, essa barreira foi caindo cada vez mais [...]”.*

Entre os entrevistados que disseram nunca ter vivenciado a resistência organizacional, o Implementador 1 argumenta da seguinte maneira: *“[...] Não vi essa barreira. A empresa promoveu essa mudança justamente por entender que era importante [...]”.*

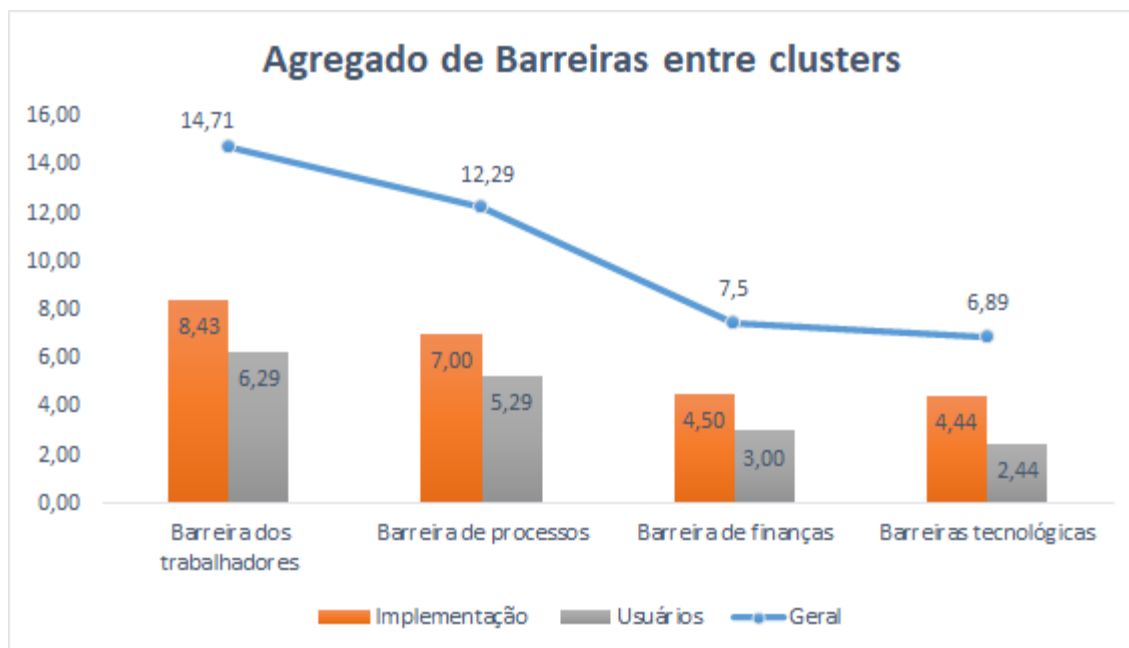
O Usuário 1 segue a mesma visão, completando: *“[...] Da mesma forma em que respondi às anteriores, a empresa sempre foi a maior incentivadora, então não notei nenhuma resistência por parte dela [...]”.*

#### **4.5.2 Análise comparativa entre clusters**

Analizadas as barreiras de forma separada por cada cluster, foi realizada uma análise comparativa entre os clusters, de forma a facilitar a visualização do posicionamento e impacto de cada item abordado anteriormente.

A nota gerada para cada cluster foi calculada por meio de uma média aritmética de forma a parametrizar os valores comparados, visto que os clusters têm tamanhos diferentes, a nota geral é a soma dos valores da equipe de implementação e usuários. Os resultados são apresentados pelo Gráfico 5.

Gráfico 5: Agregado de barreiras entre clusters



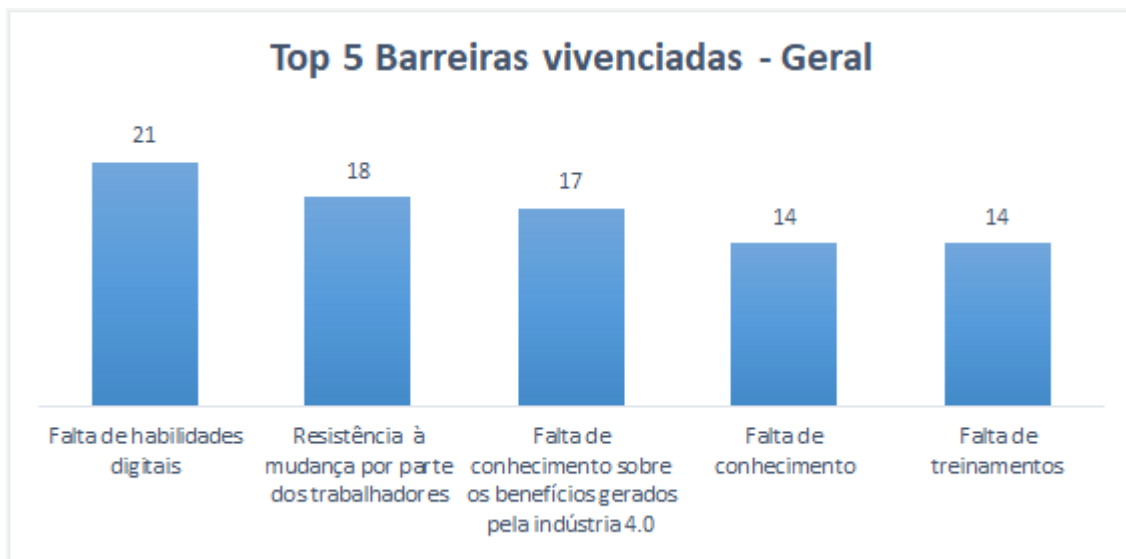
Fonte: Os autores (2021)

O cluster mais vivenciado foi referente às “Barreiras dos trabalhadores” (14,71), seguido pelas “Barreiras de processos” (12,29), “Barreiras de finanças” (7,5) e “Barreiras tecnológicas” (6,89), levando em consideração o valor geral, a mesma análise se aplica para os implementadores e usuários.

#### 4.5.3 Análise das barreiras mais vivenciadas

Com o intuito de avaliar as barreiras mais vivenciadas, sem discriminação por cluster. O Gráfico 6 apresenta as cinco barreiras mais vivenciadas do ponto de vista geral, que foi calculado a partir da soma das notas atribuídas por todos os entrevistados.

Gráfico 6: Top 5 Barreiras vivenciadas - Geral

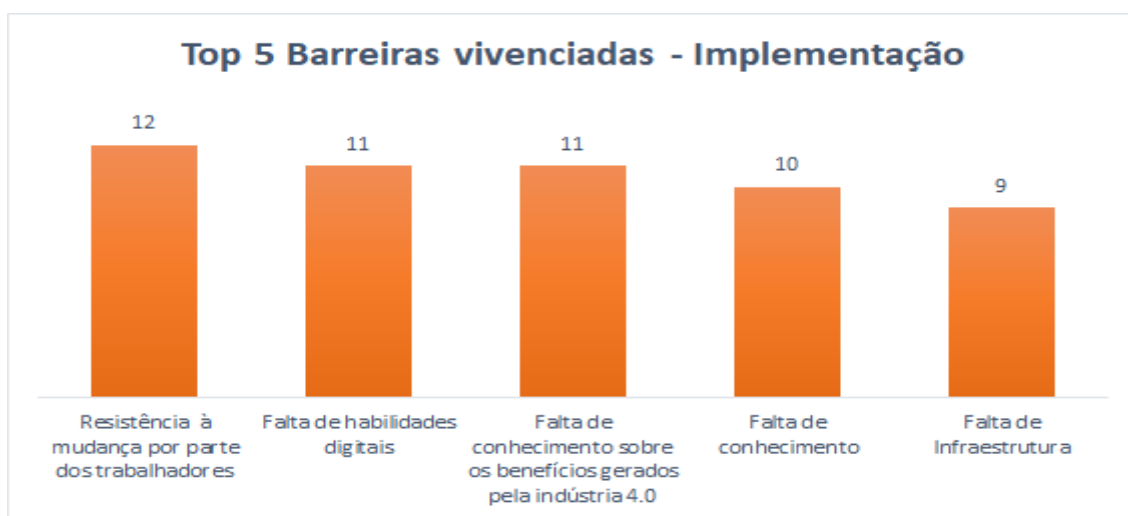


Fonte: Os Autores (2021)

O gráfico mostra que a barreira mais vivenciada foi a “Falta de habilidade digitais” (21), seguida por “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores” (18), “Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela Indústria 4.0” (17) e na quarta posição com a mesma pontuação a “Falta de conhecimento” (14) e “Falta de treinamentos” (14).

O Gráfico 7 apresenta as cinco barreiras mais vivenciadas do ponto de vista da equipe de implementação, que foi calculado a partir da soma das notas atribuídas por eles.

Gráfico 7: Top 5 Barreiras vivenciadas - Implementação

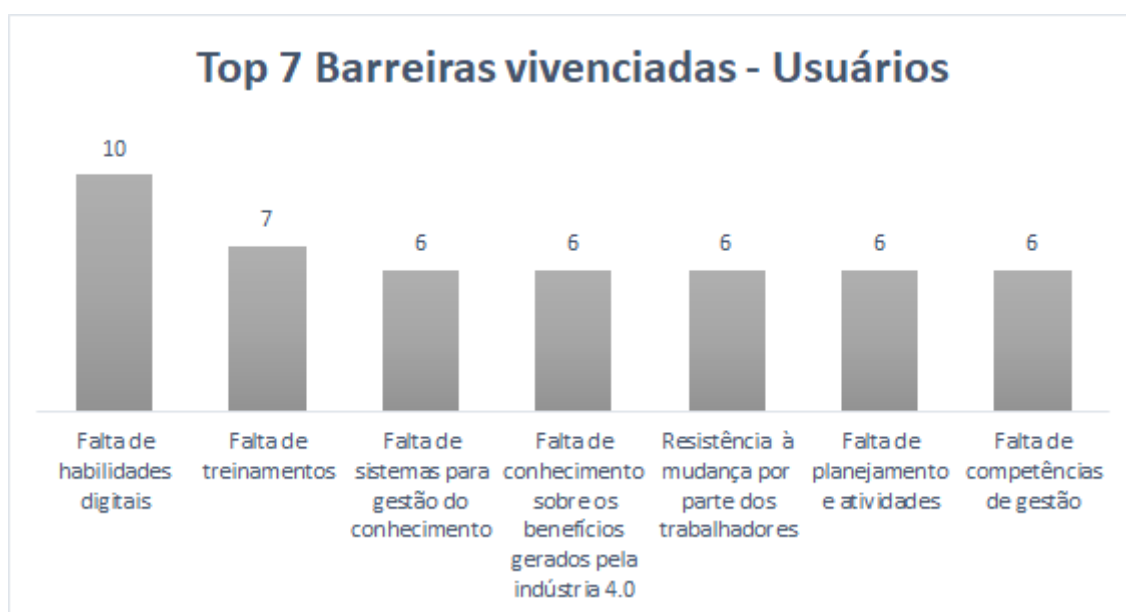


Fonte: Os autores (2021)

O Gráfico 7 nos mostra que a barreira mais vivenciada segundo os implementadores foi a "Resistência à mudança por parte dos trabalhadores" (12), seguida por "Falta de habilidade digitais" (11), "Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela Indústria 4.0" (11), "Falta de conhecimento" (10) e na quinta posição "Falta de infraestrutura" (9).

O Gráfico 8 apresenta as sete barreiras mais vivenciadas do ponto de vista dos usuários, que foi calculado a partir da soma das notas atribuídas por eles.

Gráfico 8: Top 7 Barreiras vivenciadas - Usuários



Fonte: Os autores (2021)

O Gráfico 8 nos mostra que a barreira mais vivenciada segundo os usuários é a "Falta de habilidade digitais" (10), seguida por "Falta de treinamentos" (7) e na terceira posição com a mesma pontuação a "Falta de sistemas para a gestão do conhecimento", "Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela Indústria 4.0", "Resistência à mudança por parte dos trabalhadores", "Planejamento e atividades" e "Falta de competências de gestão" (6).

#### 4.6 Competências necessárias para a implementação

Por meio das entrevistas, foram coletados dados sobre as competências necessárias para a atuação dentro do projeto. A estrutura foi baseada no referencial teórico sobre o assunto, que divide as competências em quatro clusters, sendo eles: competências técnicas, competências metodológicas, competências sociais e competências pessoais.

A seguir, os resultados serão apresentados divididos em três tópicos: i) Análises feitas a partir da observação de cada competência dentro dos clusters, ii) Comparação entre os clusters e iii) Competências mais importantes. Todas as análises foram feitas do ponto de vista geral, da equipe de implementação e dos usuários.

Os valores presentes nos gráficos foram obtidos a partir da ponderação das notas atribuídas pelos entrevistados a cada competência, conforme pode ser visto na Figura 7. Os entrevistados atribuíram uma nota de 1 a 5 de acordo com a importância de cada competência. Os valores da ponderação foram obtidos pela fórmula 2:

$$\sum Q * I \quad \text{(Fórmula 2)}$$

Onde Q representa a quantidade de votos e I o valor da importância (1 a 5). Para os valores geral (G) foram considerados todos os entrevistados, para a implementação (I), os entrevistados de 1 a 3 e para os usuários (U), os entrevistados de 4 a 6. Para análise comparativa entre os cluster foi feita uma média aritmética. Os valores obtidos podem ser visualizados na Figura 7 como “Média do cluster”.

Figura 7: Competências importantes - Ponderação

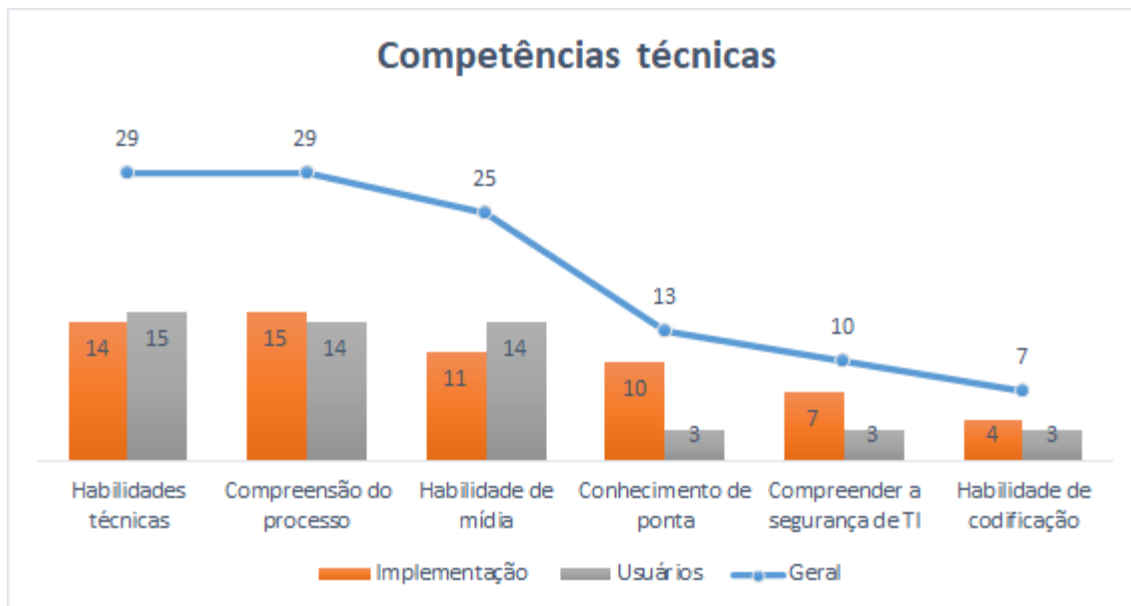
| COMPETÊNCIAS               |                                       | Importancia   |      |         |               |                  | Ponderações |      |      |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------|------|---------|---------------|------------------|-------------|------|------|
|                            |                                       | 1             | 2    | 3       | 4             | 5                | G           | I    | U    |
| Competências técnicas      | Habilidades técnicas                  |               |      |         | 2             | 1, 3, 4, 5, 6    | 29          | 14   | 15   |
|                            | Compreensão do processo               |               |      |         | 5             | 1, 2, 3, 4, 6    | 29          | 15   | 14   |
|                            | Habilidade de mídia                   |               | 1    |         | 2, 4          | 3, 5, 6          | 25          | 11   | 14   |
|                            | Conhecimento de ponta                 | 4, 5, 6       | 3    | 2       |               | 1                | 13          | 10   | 3    |
|                            | Compreender a segurança de TI         | 4, 5, 6       | 1, 3 | 2       |               |                  | 10          | 7    | 3    |
|                            | Habilidade de codificação             | 1, 2, 4, 5, 6 | 3    |         |               |                  | 7           | 4    | 3    |
|                            | Média do cluster                      |               |      |         |               |                  | 18,8        | 10,2 | 8,67 |
| Competências metodológicas | Resolução de problemas                |               |      |         | 2, 4, 5, 6    | 1, 3             | 26          | 14   | 12   |
|                            | Habilidades analíticas                |               |      |         | 2, 4, 5, 6    | 1, 3             | 26          | 14   | 12   |
|                            | Tomada de decisão                     |               |      | 1       | 2, 3, 4, 5    | 6                | 24          | 11   | 13   |
|                            | Orientação para eficiência            |               |      | 5       | 1, 2, 4, 6    | 3                | 24          | 13   | 11   |
|                            | Habilidades de pesquisa               |               |      | 5       | 1, 2, 3, 4, 6 |                  | 23          | 12   | 11   |
|                            | Pensamento empreendedor               | 5             |      | 6       | 1, 2, 4       | 3                | 21          | 13   | 8    |
|                            | Resolução de conflitos                |               | 5, 6 |         | 1, 2, 4       | 3                | 21          | 13   | 8    |
|                            | Criatividade                          | 4, 5          |      | 3, 6    | 1, 2          |                  | 16          | 11   | 5    |
|                            | Média do cluster                      |               |      |         |               |                  | 22,6        | 12,6 | 10   |
| Competências sociais       | Capacidade de trabalhar em equipe     |               |      |         | 2, 4, 6       | 1, 3, 5          | 27          | 14   | 13   |
|                            | Habilidades de comunicação            |               |      |         | 2, 4, 5, 6    | 1, 3             | 26          | 14   | 12   |
|                            | Habilidades de rede                   |               |      |         | 2, 4, 5, 6    | 1, 3             | 26          | 14   | 12   |
|                            | Capacidade de comprometer e cooperar  |               |      | 5       | 1, 2, 4, 6    | 3                | 24          | 13   | 11   |
|                            | Capacidade de transferir conhecimento |               |      | 5, 6    | 2, 4          | 1, 3             | 24          | 14   | 10   |
|                            | Habilidades de liderança              |               |      | 2, 5, 6 | 1, 4          | 3                | 22          | 12   | 10   |
|                            | Habilidades interculturais            | 4, 5          |      | 6       | 2             | 1, 3             | 19          | 14   | 5    |
|                            | Habilidades linguísticas              | 4, 5, 6       |      | 2, 3    |               | 1                | 14          | 11   | 3    |
|                            | Média do cluster                      |               |      |         |               |                  | 22,8        | 13,3 | 9,5  |
| Competências pessoais      | Motivação para aprender               |               |      |         |               | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 30          | 15   | 15   |
|                            | Flexibilidade                         |               |      | 1       | 2, 3, 6       | 4, 5             | 25          | 11   | 14   |
|                            | Tolerância de ambiguidade             |               |      | 5, 6    | 1, 2, 3       | 4                | 23          | 12   | 11   |
|                            | Capacidade de trabalhar sob pressão   |               |      | 5, 6    | 2, 3, 4       | 1                | 23          | 13   | 10   |
|                            | Conformidade                          |               | 1    | 5, 6    | 2, 3          | 4                | 21          | 10   | 11   |
|                            | Mentalidade sustentável               | 1, 5, 6       |      | 2       | 3, 4          |                  | 14          | 8    | 6    |
|                            | Média do cluster                      |               |      |         |               |                  | 22,7        | 11,5 | 11,2 |

Fonte: Os autores (2021)

#### 4.6.1 Análise das competências por cluster

O primeiro cluster analisado foi o referente às **competências técnicas**. Os resultados obtidos sobre a importância das competências técnicas relatada pelos entrevistados são apresentados pelo Gráfico 9:

Gráfico 9: Competências técnicas



Fonte: Os autores (2021)

O resultado das entrevistas, revela que “Habilidades técnicas” (29) e “Compreensão do processo” (29) são as competências mais importantes do ponto de vista geral. Segundo a equipe de implementação, a “Compreensão do processo” foi a que teve maior impacto. O Implementador 3 cita que “[...] A gente tinha que convencer e ajudar nas barreiras de resistências da área no momento da implementação, mas antes de convencer alguém, você tem que acreditar e para acreditar você precisa compreender do processo [...]”. Assim como a equipe de implementação, os usuários também consideram a compreensão do processo como uma competência importante, conforme afirma o Usuário 3: “[...] É muito importante entender o processo pra saber adaptar a rotina de inspeção com a rotina de trabalho, de modo que isso não atrapalhe em nenhum momento [...]”.

As “Habilidades técnicas” (29) foi a competência que teve maior nota pelos usuários, os mesmo disseram que a mesma foi muito importante para embasar os planos de inspeção, conforme o Usuário 1 explicou: “[...] A habilidade técnica no início foi muito importante quando auxiliamos a estruturar os planos de inspeção, porque a gente tinha em mente algumas inspeções importantes que não estavam nos manuais técnicos dos equipamentos. Outro ponto é na programação das ordens, quando vamos carregar o mobile é necessário conhecer o plano, a área e o serviço para planejar uma rota boa e mais eficiente [...]”. Ainda sobre as habilidades técnicas, a equipe de implementação sugeriu que essa também foi importante para o



desenvolvimento do projeto, como foi dito pelo Implementador 1: “[...] *Importante você pensar o que no contexto de inspeção da pessoa o que você precisa parametrizar ali. Interpretar as diferentes situações e conseguir olhar para dentro do sistema e fazer o sistema conversar com a realidade [...]*”.

Na sequência ficou a competência “Habilidades de mídia” (25) que recebeu maior grau de importância pelos usuários, O Usuário 1 justificou que: “[...] *Por mais que o mobile fosse simples e bem intuitivo, se a gente não tivesse facilidade para manusear não iríamos conseguir fazer as inspeções, por isso foi importante ter essa habilidade [...]*”. Ainda sobre essa competência, a equipe de implementação analisou de dois pontos de vista, em relação ao desenvolvimento do mobile eles disseram a “Habilidade de mídia” foi pouco importante, como explicou o Implementador 1: “[...] *Pouco importante, pois o aplicativo já estava pronto [...]*”, porém do ponto de vista do uso o Usuário o Implementador 3 classificou como muito importante: “[...] *Os inspetores que tinham menos contato com smartphone e computador tiveram mais dificuldade no início, por isso essa habilidade era muito importante para que eles pudessem utilizar a ferramenta da maneira mais adequada [...]*”.

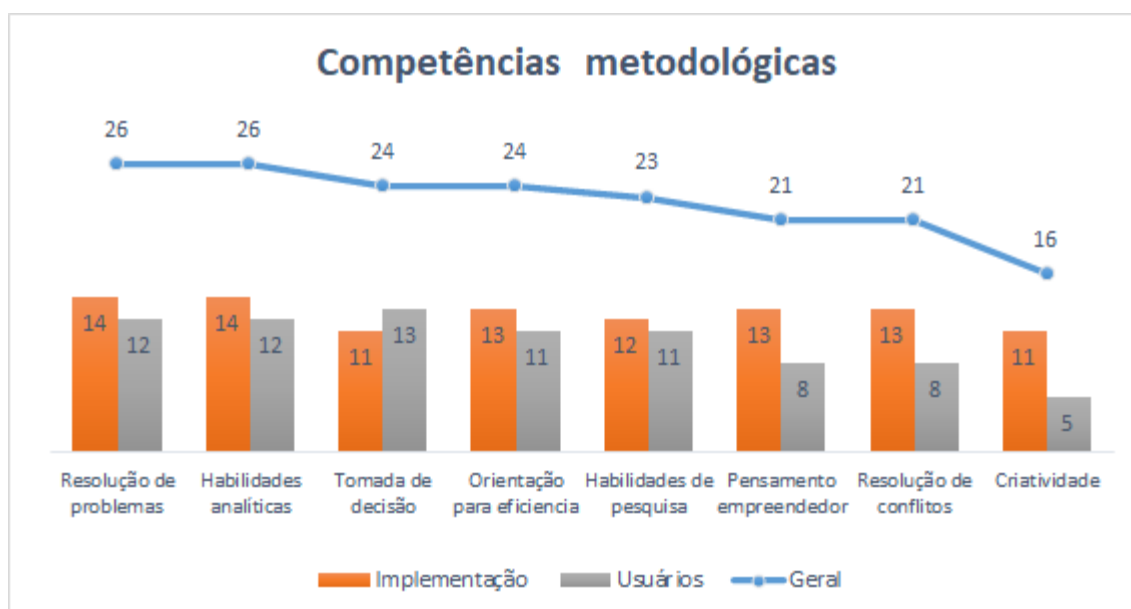
O “Conhecimento de ponta” (13) foi classificado como uma competência sem importância por todos os usuários, todos justificando a nota pelo fato de que eles “só usavam o mobile”. Porém a equipe de implementação viu maior importância nessa competência, o Implementador 1 justificou sua opção dizendo: “[...] *O aplicativo foi recebido já desenvolvido, foi feita a parametrização do mesmo para o ERP. Classifico como muito importante do ponto de vista que foi necessário fazer toda parametrização do sistema utilizado pela empresa e do aplicativo de forma que os dois interagem, o aplicativo recebe ordens de serviço de um plano de manutenção e retorna o resultado das inspeções [...]*”.

Sobre a competência “Compreender a segurança de TI” (10) os entrevistados no geral não viram importância, uma vez que o aplicativo utilizado, assim como o sistema, já estavam prontos, e eles tiveram apenas que adaptar a usina, o Implementador 2 disse: “[...] *o que já está definido só chega pra gente, não temos poder de barganha, não muda o fato de aplicar ela ou não [...]*”, complemento essa fala temos a resposta dada pelo Implementador 3: “[...] *Essa parte do projeto recebemos pacote fechado, esse conhecimento foi mais importante para quem desenvolveu a solução, que pra gente que implementou [...]*”.

Por fim, a competência “Habilidades de codificação” (7) foi a menos importante do cluster de competências técnicas. Nenhum dos entrevistados tiveram contato com a elaboração de códigos de programação durante o projeto. “[...] O sistema tinha um modelo pronto, você tinha que saber usar as ferramentas disponíveis, as configurações, um sistema mais de parametrização. O código foi feito de forma externa ao projeto, com o pacote comprado já com isso pronto [...]”.

Na sequência foi analisado o cluster **competências metodológicas**. A seguir, o Gráfico 10 apresenta os resultados obtidos sobre a importância das competências metodológicas relatada pelos entrevistados:

Gráfico 10: Competências metodológicas



Fonte: Os autores (2021).

Dentro desse cluster as competências receberam em sua maioria notas altas, sendo classificadas como importante e muito importante, observa-se que apenas uma competência ficou fora do range de notas que vai de 21 a 26, o que demonstra equilíbrio entre as competências.

Duas competências ficaram empatadas com a maior nota, são elas: “Resolução de problemas” (26) e “Habilidades analíticas” (26), nota-se que elas também empataram tanto pela classificação feita pelos usuários quanto pela equipe de implementação.

A “Resolução de problemas” teve maior importância para os implementadores, que também destacou a importância de gestão de expectativa com o cliente dentro dessa competência: “[...] *Muito importante, a resolução de problemas e também a gestão de expectativas com as pessoas que vão receber esse sistema, elas precisam saber o que vão receber, se o sistema estará pronto ou se ainda necessitará melhorias [...]*” (Implementador 1). Todos os usuários classificaram essa competência como muito importante, citando problemas encontrados durante o uso da ferramenta no início, segundo o Usuário 2: “[...] *Quando começamos a utilizar o mobile ele apresentava erros com maior frequência, e para não atrasar muito nosso serviço a gente tinha que tentar resolver alguns a gente mesmo, e aprender com eles né [...]*”.

Assim como a competência anterior a “Habilidades analíticas” também foi muito importante, segundo o Implementador 2 “[...] *Se fosse perguntar pra algumas pessoas as vezes não achariam tanto não porque eles não usam ferramentas analíticas, mas eu particularmente acho importante, saber aí fazer essas comparações principalmente quando a gente vai conversar sobre KPIs e coisas do tipo, da parte mais de controle [...]*”. Para essa competência todos os usuários também disseram ser importante, o Usuário 3 justifica que: “[...] *O mobile gera uma quantidade enorme de dados, então a gente tem que trabalhar de forma padronizada para depois saber interpretar as informações geradas, porque se a gente gera um monte de informação ruim depois não vamos aproveitar nada da inspeção feita [...]*”.

Na sequência competência de “Tomada de decisão” (24) foi mais importante para os usuários, segundo o Usuário 1 “[...] *Muito importante, porque a gente usando o mobile tem que ter autonomia para decidir sobre nossa rotina, o plano vai gerar as ordens mas a gente que decide o melhor dia da semana pra fazer, porque a gente conhece melhor a área também [...]*”. O Implementador 1 julgou essa competência como razoavelmente importante pois: “[...] *Eram tomadas algumas decisões, mas como se tratava de algo novo para todos, era uma decisão com 50 % de chance de erro e inevitavelmente decisões erradas seriam tomadas, e foram, mas o aprendizado era esse, o projeto foi construído pensando nisso, sabendo que algumas decisões erradas viriam acontecer [...]*”. O Implementador 3, que classificou como importante disse: “[...] *Você tá trabalhando com todo conhecimento de manutenção ali e toda estratégia de manutenção, é muito importante você saber tomar uma decisão certa na hora certa, saber onde pode assumir o risco onde não pode, saber priorizar recursos, onde é a prioridade das coisas [...]*”.

Empatada com a competência anterior a "Orientação para eficiência" (24) teve os valores invertidos, sendo mais importante para a equipe de implementação, o Implementador 2 argumentou que: *"[...] Todas essas perguntas das competências metodológicas, pra mim fundamentalmente estão associadas aos pilares da Indústria 4.0 né, ou seja, todas essas aí você, em pelo menos em algum momento, consegue aplicar e colocar em algum dos pilares que sustenta a ideia e conceito de Indústria 4.0, então, a parte de importância como estamos falando da mobilidade, mais voltada para Indústria 4.0 não dá pra fugir do ponto importante de cada uma delas. Eu considero que é o que vai sustentar todo desenvolvimento do projeto.[...]"*. O Usuário 2 relatou que é razoavelmente importante ter essa competência, dizendo *"[...] Os dados que a gente gera são crescentes sim, mas essa análise mais profunda sobre eles a gente não faz [...]"*.

A competência "Habilidades de pesquisa" (23) foi classificada por todos os entrevistados como importante, com exceção do Usuário 2 que disse que ela é razoavelmente importante. Os implementadores focaram na questão do projeto inédito na ES e ser exclusivo do GS, o Implementador 1 argumenta que *"[...] Não tinha fonte quase nenhuma, mas isso é importante para qualquer tipo de processo. Com o que tinha era importante, dentro do material disponível [...]"*, o Implementador 3 acrescentou que *"[...] principalmente por todas as soluções não virem prontas, você precisa de buscar um entendimento de algo que é novo, então é necessário essa habilidade para pesquisar, estudar e aprender [...]"*. Os usuários viram essa competência como saber onde tirar suas dúvidas e o que podiam fazer sem a equipe de implementação, como explicou o usuário 3: *"[...] Foi importante conhecermos o pessoal do projeto para saber quem poderia nos ajudar, além disso eles também forneceram uma grande quantidade de material de treinamento, que era nossa principal ajuda, então a gente só procurava eles depois de estudar os arquivos e não conseguir resolver [...]"*.

A "Resolução de conflitos" (21) do ponto de vista dos implementadores foi importante para fazer as mediações com as áreas que receberam a ferramenta, esse fato é justificado pela fala do Implementador 2: *"[...] Importante sim, até porque no processo de gestão de mudança tem que conversar com as áreas e pessoas, ter fluidez na informação é importante [...]"*. Já pelos usuários, apenas o Usuário 1 disse que essa competência é importante, analisando sua relação com sua área de atuação: *"[...] Precisamos ter jogo de cintura né, para resolver alguns conflitos que aparecem, muitas vezes, mesmo sendo da mesma área algumas pessoas tentam*

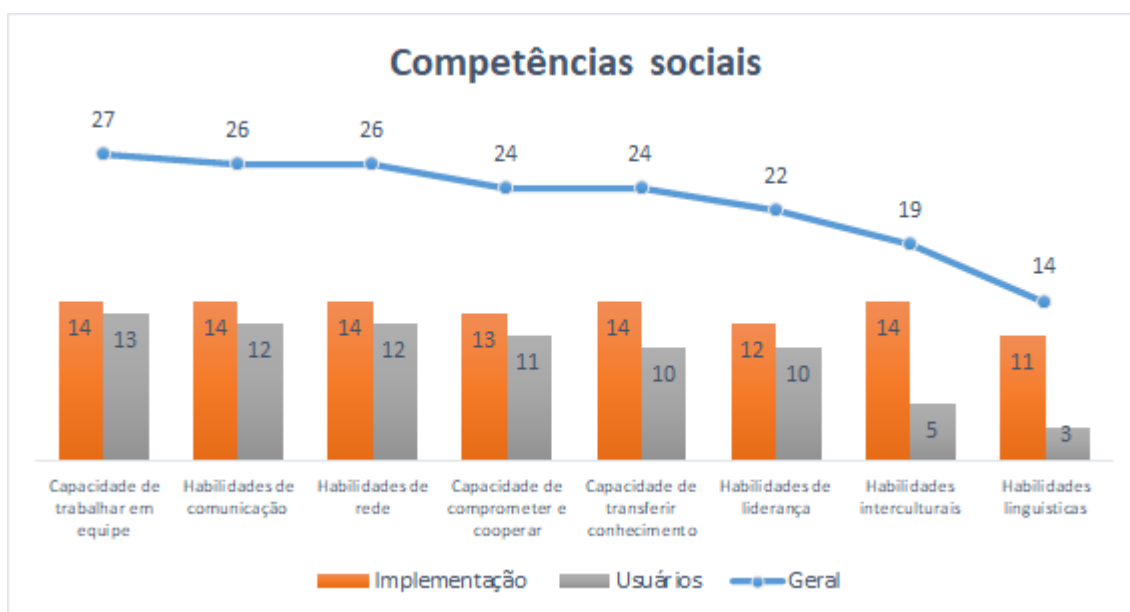
*puxar a sardinha pro seu lado, principalmente a produção e manutenção, é importante a gente resolver essas questões porque no final todos estamos lá com um objetivo final único [...]”.*

Com a mesma pontuação da competência anterior está o “Pensamento empreendedor” (21), que segundo o Implementador 2 é importante pois “[...] *Sentimento de dono é o que vai fazer funcionar, se não tiver esse sentimento você vai transferir responsabilidades [...]*”. Entre os usuários as respostas variaram, mas o Usuário 1, que atribuiu maior importância disse que “[...] *A gente tem que vestir a camisa da empresa e ser profissional, se a gente não fizer isso na primeira dificuldade já deixamos de fazer nosso serviço [...]*”.

Por fim, com a menor nota deste cluster, temos a “Criatividade” (16), que foi vista com mais importância pelos implementadores, o Implementador 1 classificou como importante justificando que “[...] Importante, pois no contexto da execução de um plano de manutenção é necessário ser criativo para solucionar diversos empecilhos que possam surgir [...]”. Não sendo vista como importante pelos usuários, essa competência foi justificada na fala do Usuário 1 como sem importância pois “[...] *se não deu certo, você vai ter que procurar o que deu errado, é normal, não tem o que ser criativo com mobile não [...]*”.

Em relação ao cluster **competências sociais**, a seguir o Gráfico 11 apresenta os resultados obtidos sobre a importância das competências sociais relatada pelos entrevistados:

Gráfico 11: Competências sociais



Fonte: Os autores (2021).

Neste cluster a maioria das notas se concentraram nas opções de importante e muito importante, sendo sua maior parte apontada pela equipe da implementação. No geral as competências ficaram equilibradas, havendo apenas duas com menor importância do ponto de vista geral, essas foram impactadas pelos usuários, que não viram importância nelas para exercerem suas funções.

A competência que se destacou recebendo a maior nota dentro do cluster, foi sobre a “Capacidade de trabalhar em equipe” (27). Esta competência foi a mais importante para a equipe da implementação e para os usuários, justificando assim seu destaque. Os implementadores destacaram sua importância ligada ao fato da equipe ter um representante de cada gerência com especializações diferentes, como relata o Implementador 1: “[...] *Não dá pra fazer nada nesse contexto sozinho, foi muito importante ter um representante de cada área na equipe de implementação para ajudar a fazer esse meio de campo com o pessoal, além disso também tínhamos alguns da elétrica, outros de mecânica e também quem tinha o perfil mais de coordenação. Quando a gente se conheceu melhor e viu como cada um iria contribuir conseguimos desenvolver melhor o projeto como um time [...]*”. O Usuário 2 citou a importância dessa competência no início para se adaptarem à nova rotina: “[...] *Trabalhar em equipe no início foi essencial para a gente aprender como usar o mobile e suas funções, a gente trocava muita informação que ajudava a não cometer os mesmos erros [...]*”.

Na sequência, vieram as competências referente a “Habilidades de comunicação” (26) e “Habilidades de rede” (26). Todos os usuários consideraram importante as duas competências. Já em relação à equipe da implementação, a maioria deles classificaram as competências como muito importantes.

Em relação a habilidade de comunicação, o Implementador 2 disse que “[...] *Comunicação é importante, não necessariamente habilidade linguística, mas lógico que se tiver habilidade linguística ela pode me fornecer uma boa comunicação, mas se eu já tiver uma boa comunicação independente de ter habilidade linguística eu vou conseguir exercer [...]*”. Ainda sobre essa competência o Usuário 3 argumentou a importância de se comunicar, dizendo “[...] *Era importante a comunicação acontecer de forma eficiente para que a gente pudesse entender qual era o nosso papel, e o caminho de volta também, para eles entenderem quais eram nossas necessidades e dificuldades [...]*”.

Já sobre a competência de habilidade de rede os implementadores justificaram a importância de estabelecer contatos dentro do projeto. “[...] *É um projeto que une disciplinas, mecânica, elétrica, é um projeto que a gente caminhou também pro lado da estratégia de manutenção, um pouco de TI, exige então que você tenha essa habilidade pra poder discutir sobre manutenção, técnica, parte de TI [...]*” (Implementador 3). O Implementador 1 complementou dizendo: “[...] *Muito importante, estávamos aprendendo, e nossos erros já haviam sido cometidos por outras pessoas, então era muito importante conhecer as pessoas e o que elas fizeram na mesma situação, por isso era importante construir essa rede [...]*”. O Usuário 2 disse que “[...] *saber trabalhar em rede foi importante para compartilhar nossas experiências com as outras áreas, assim a gente ajudava e também aprendia muito [...]*”.

As competências “Capacidade de comprometer e cooperar” (24) e “Capacidade de transferir conhecimento” (24) vieram logo abaixo na relação geral. Na primeira, a maioria dos entrevistados viram tal competência como importante para realização de suas atividades, já na segunda competência, houve uma variação entre razoavelmente importante, importante e muito importante.

O Implementador 1 analisou a capacidade de comprometer e cooperar do ponto de vista que todos precisavam fazer sua contribuição para que não houvesse atrasos no andamento do projeto: “[...] *Como o volume de dados trabalhados são grandes, se uma pessoa não faz, sobrecarrega a outra, mas as entregas devem ser feitas nas datas estabelecidas [...]*”. O Usuário 1 disse que essa competência era importante para que os resultados do serviço dos inspetores fosse algo sólido: “[...] *Todos precisavam se comprometer e fazer suas inspeções de forma correta, porque de nada ia adiantar ter um monte de resultados de inspeções que não era o real [...]*”.

Em relação à capacidade de transferir conhecimento, o Implementador 1 justifica sua resposta da seguinte forma: “[...] *Como já até comentei em outras questões aí, o projeto era diferente de tudo que a gente utilizava em questão de estruturação do sistema, então a gente cometeu muitos erros até aprender algumas coisas, e transferir o conhecimento que a gente construía em cada um deles devia ser repassado, lógico também a questão do treinamento, a gente tinha que ser muito claro no que iríamos passar para cada área, tinha que tomar cuidado pra não passar informações demais que não iriam se aplicar para pessoa, tínhamos que passar a informação de forma objetiva e útil [...]*”. Os usuários ligaram a importância de transferir conhecimento com a questão dos treinamentos, como relatou o Usuário 1: “[...] *Os*

*treinamentos eram importantes pra gente aprender utilizar a ferramenta e também a gente às vezes passava algumas coisas que víamos de melhorias para serem feitas [...]*”

A competência voltada para a “Habilidade de liderança” (22), aparece logo após, apresentando também uma variação, contando com apenas um registro de muito importante, feito pelo Implementador 3, que ressalta: *“[...] Como no projeto tem o achatamento e um nivelamento de funções e responsabilidades. Habilidade de liderança concentrada em uma pessoa meio que some, porque cada um sabe da sua posição e a liderança fica natural [...]*”. Já os usuários destacaram a importância de atuarem como líderes em determinados momentos: *“[...] Eu particularmente consegui ver os benefícios do mobile rapidamente e pude conversar com outros inspetores que tinham mais resistência para fazer o uso, eu considero isso como uma habilidade de liderança [...]*” (Usuário 1).

Por último ficaram as competências “habilidades interculturais” (19) e “Habilidades linguísticas” (14). Os implementadores viram importância em ambas as competências, em contrapartida os usuários não tiveram a mesma visão, não classificando nenhuma delas como importante.

Segundo o Implementador 3 a habilidade intercultural é muito importante pois *“[...] Está muito ligado à questão de quebrar a barreira da resistência, quando você fala na resistência, às vezes por uma questão cultural, tem que conseguir colocar da melhor forma, explicar para as pessoas a importância de estar sendo feita essa mudança [...]*”. O Usuário 2 justifica a falta de importância dizendo: *“[...] Não foi necessário saber isso não, a gente só recebeu o mobile e o treinamento para aprender a usar. Talvez o rapaz que deu o treinamento pra gente é que precisaria dessa competência, a gente não[...]*”.

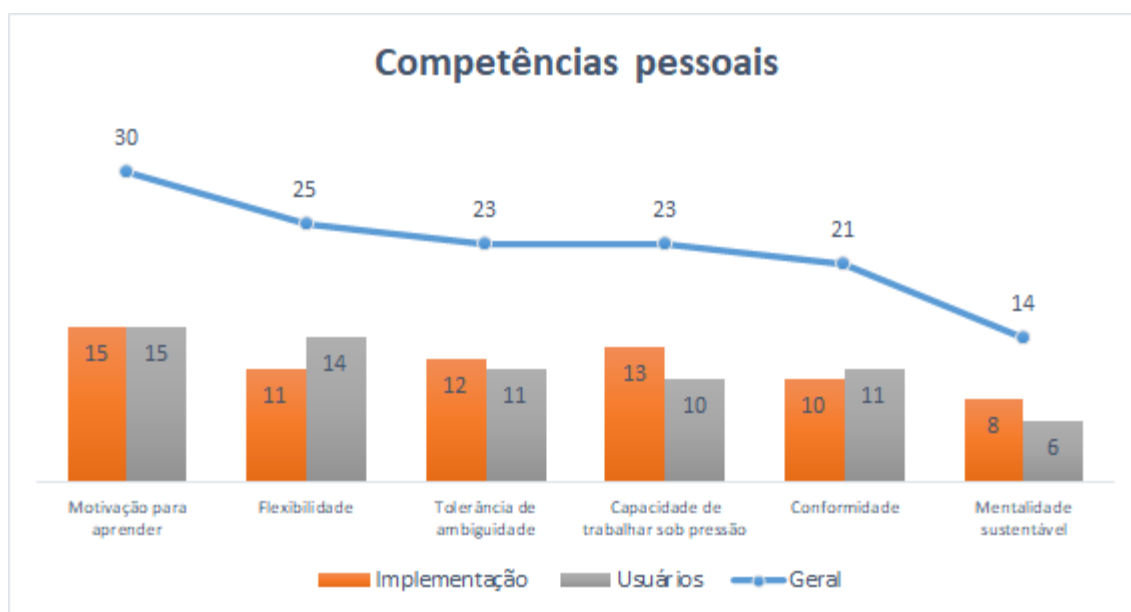
A habilidade linguística foi aquela com menor importância dada pelos usuários e implementadores, justificando assim sua menor nota geral. O Implementador 1 disse que sua importância está muito ligada a comunicação: *“[...] O conceito de habilidade intercultural ainda está muito ligado a linguística e comunicação, como você adequa seu treinamento a uma pessoa que culturalmente é diferente. Por meio de habilidade linguística e de comunicação [...]*”.



Por fim, para o cluster **competências pessoais**, os entrevistados classificaram a maioria dos itens como importantes e muito importantes. Além disso, pode-se observar que, no geral, os implementadores viram mais importância nessas competências que os usuários.

O Gráfico 12 apresenta os resultados obtidos sobre a importância das competências pessoais relatada pelos entrevistados:

Gráfico 12: Competências pessoais



Fonte: Os autores (2021).

A “Motivação para aprender” (30) foi a classificada como muito importante por todos os entrevistados e dessa forma obteve a maior nota geral. O Implementador 2 justificou remetendo a algumas práticas que as empresas vêm adotando relacionadas ao tema : “[...] *Antigamente a gente tinha que preencher necessidade de treinamento, hoje o que as empresas têm percebido que isso não funciona mais, tem que deixar o funcionário ter autonomia de buscar o conhecimento que ele quer, da forma que ele preferir, ter a capacidade e motivação de aprender, isso porque quando você tem essa capacidade quer dizer que outras foram satisfeitas [...]*”. Os usuários relacionaram a motivação para aprender com a resistência à mudança. “[...] *quando surgiu o mobile, que era uma nova tecnologia que mudaria nossa rotina, alguns ficaram um pouco resistentes achando que seria muito complicado e que só daria mais trabalho. Mas quem desde o início esteve motivado para aprender superou mais rápido as dificuldades. Isso se aplica pra quase todas as barreiras que conversamos também, porque*

*quando encontramos uma dificuldade é importante a gente ter motivação para superá-las [...]*”  
Usuário 3.

A “Flexibilidade” (25) foi a segunda competência mais importante deste cluster. Os usuários julgaram que a flexibilidade é importante para se adaptarem a novas situações, principalmente relacionadas ao uso de tecnologias, como explicado pelo Usuário 2: *“[...] Essas mudanças no processo estão sempre acontecendo, e a gente precisa estar pronto para se adaptar, porque quem ficar colocando muita dificuldade irá causar problemas, e a empresa não quer esse tipo de pessoa, eles querem quem joga junto para alcançarmos as melhorias [...]*”. O Implementador 3 disse que a flexibilidade é muito importante pois *“[...] A parametrização do sistema precisava conversar com a rotina de manutenção na área, ou seja, a nossa equipe precisava saber tanto sobre a teoria da manutenção e da prática [...]*”.

Na sequência, ficaram empatadas duas competências: “Tolerância à ambiguidade” (23) e “Capacidade de trabalhar sob pressão” (23).

Os implementadores viram a tolerância à ambiguidade como algo que ajudaria no entendimento de problemas que surgiam no dia a dia associados ao fato do projeto ser novo e não ter definido todos os seus parâmetros. *“[...] Embora o projeto tenha um escopo muito bem definido do início ao fim sobre o que teria que ser feito, mas como seria feito algumas vezes seria fazer de forma diferente, então tinha que ter essa ambiguidade, essa tolerância [...]*” (Implementador 3). O Usuário 2 justificou que essa competência era muito importante dizendo *“[...] Se não estivéssemos preparados para trabalhar com a ambiguidade com certeza desistimos logo no início porque diversas vezes tivemos que reestruturar os planos até ficarem adequados de forma que conseguíssemos atender a todas ordens geradas [...]*”.

Em relação a capacidade de trabalhar sob pressão o Usuário 1 diz que essa competência foi importante : *“[...] Havia muita pressão sobre o nosso trabalho, se a gente não executa a inspeção de maneira correta todo o fluxo seguinte é comprometido, mas a gente tem que deixar isso de lado e trabalhar com seriedade e profissionalismo [...]*”. O Implementador 1 justifica sua resposta dizendo: *“[...] Dentro de manutenção a demanda vai ser sempre maior que os recursos, então a pressão vai ser contínua nesse sentido, saber lidar de forma criativa é importante para encontrar soluções. Mais direcionado a entrega do projeto, o cronograma era algo que fazia muita pressão porque a gente não podia deixar a qualidade cair, mas também não podia atrasar as entregas [...]*”.

A próxima competência na linha de importância foi a “Conformidade”, que foi associada tanto pela equipe de implementação quanto pelos usuários ao uso correto do mobile. O usuário 3 disse: “[...] *O mobile de inspeção é um celular com acesso a internet e outros aplicativos, como redes sociais, e essa ferramenta é passada para o inspetor realizar seu serviço, e não para fazer o uso das demais aplicações disponíveis. É importante nesse aspecto orientar as pessoas quanto ao uso correto [...]*”. O usuário 1 concorda dizendo: “[...] *A gente tinha que ser muito cuidadoso com uso do mobile, se alguém fosse visto instalando aplicativos nele ou então tirando fotos para fazer brincadeiras as consequências eram muito graves. A gente tem que se atentar as regras de segurança da empresa nesse sentido [...]*”.

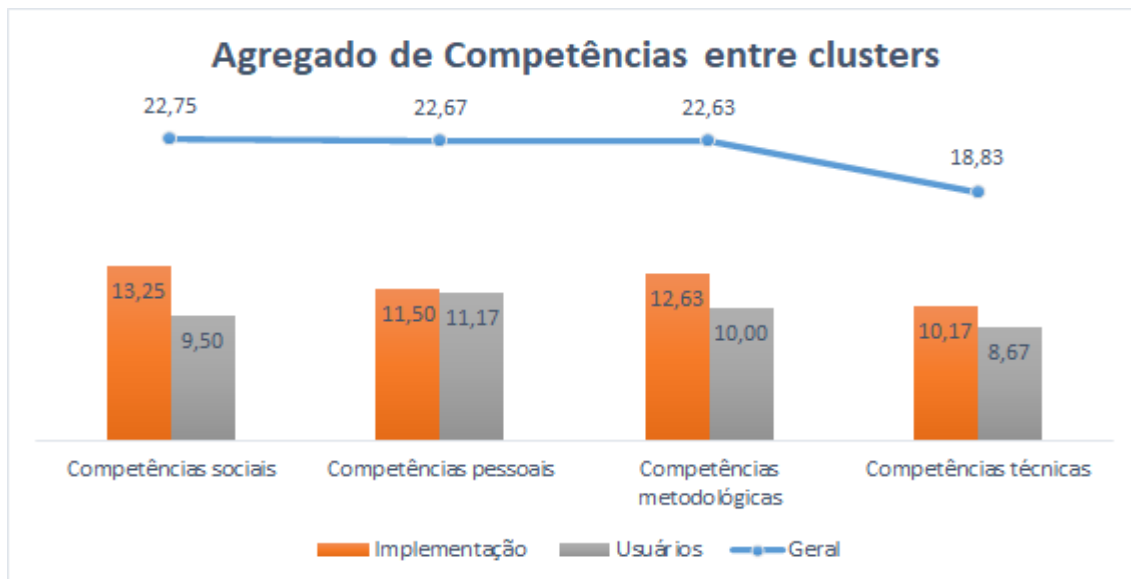
Por fim, a “Mentalidade sustentável” (14) ficou com a menor nota. Dentre os usuários, apenas um destacou esse item como importante, lembrando de um impacto positivo que essa ferramenta gerou: “[...] *O uso mobile eliminou o uso das ordens de inspeção impressas, se não fosse ele a quantidade por dia seria de mais, porque temos várias ordens todos os dias [...]*”. Similar a esse comentário o Implementador 2 também disse: “[...] *Um dos ganhos foi a redução da quantidade de papel, o volume foi reduzido. O projeto não nasceu com esse foco mas teve isso como consequência [...]*”.

#### **4.6.2 Análise comparativa entre clusters**

Após a análise de todas as competências por cada cluster, foi realizada a análise comparativa entre os clusters, de forma a facilitar a visualização do posicionamento e impacto de cada item abordado anteriormente.

A nota gerada para cada cluster foi calculada por meio de uma média aritmética de forma a parametrizar os valores comparados, visto que os clusters possuem tamanhos diferentes, a nota geral é a soma dos valores da equipe de implementação e usuários. Os resultados são apresentados pelo Gráfico 13.

Gráfico 13: Agregado de competências entre clusters



Fonte: Os autores (2021)

O cluster mais vivenciado no geral foi o das “Competências sociais” (22,75), seguido pelas “Competências pessoais” (22,67), “Competências metodológicas” (22,63) e “Competências técnicas” (18,83). Importante ressaltar a proximidade entre os valores ponderados calculados, o que demonstra um equilíbrio entre a importância dos três primeiros clusters, apenas o último apresentou um valor mais distante dos demais.

Diferente do ponto de vista geral, entre os implementadores a ordem de importância dos clusters seria “Competências sociais” (13,25), “Competências metodológicas” (12,63), “Competências pessoais” (11,50) e “Competências técnicas” (10,17).

Ainda se analisarmos os usuários a ordem mudaria novamente, entre eles o cluster mais importante é o das “Competências pessoais” (11,17) seguido por “Competências metodológicas” (10,00), “Competências sociais” (9,50) e “Competências técnicas” (8,67).

Portanto, houve concordância apenas em relação ao cluster menos importante, entre os entrevistados, sendo ele o de competências técnicas.

#### 4.6.3 Análise das competências mais importantes

Dando sequência às análises, a seguir são apresentadas as competências mais importantes, sem discriminação por cluster.

O Gráfico 14 apresenta as oito competências mais importantes do ponto de vista geral, sendo calculado a partir da soma das notas atribuídas por todos os entrevistados.

Gráfico 14: Top 8 Competências mais importantes - Geral



Fonte: Os autores (2021)

O Gráfico mostra que a competência mais importante foi a “Motivação para aprender” (30), sendo a única a receber nota máxima de todos os entrevistados. Seguido por “Habilidade técnicas” (29), “Compreensão do processo” (29), “Capacidade de trabalhar em equipe” (27). Na quinta colocação ficaram empatadas quatro competências com a mesma nota, sendo elas: “Resolução de problemas” (26), “Habilidades analíticas” (26), “Habilidades de comunicação” (26) e “Habilidades de rede” (26).

O Gráfico 15 apresenta as dez competências mais importantes do ponto de vista da equipe de implementação.

Gráfico 15: Top 10 competências mais importantes - Implementação



Fonte: Os autores (2021)

As competências mais importantes no ponto de vista da equipe da implementação são “Compreensão do processo” (15) e “Motivação para aprender” (15), ambas recebendo nota máxima dos entrevistados. Na sequência ficaram empatadas oito competências, classificadas como muito importante para dois dos três implementadores, sendo elas: “Habilidades Técnicas” (14), “Resolução de problemas” (14), “Habilidades analíticas” (14), “Habilidades interculturais” (14), “Habilidades de comunicação” (14) “Habilidade de rede” (14), “Capacidade de trabalhar em equipe” (14) e “Capacidade de transferir conhecimento” (14).

O Gráfico 16 apresenta as cinco competências mais importantes do ponto de vista dos usuários.

Gráfico 16: Top 5 competências mais importantes - Usuários



Fonte: Os autores (2021)

As competências mais importantes do ponto de vista dos usuários são “Habilidades técnicas” (15) e “Motivação para aprender” (15), recebendo nota máxima dos entrevistados. Na sequência ficaram empatadas três competências: “Compreensão do processo” (14), “Habilidade de mídia” (14) e “Flexibilidade”, todas elas sendo classificadas como muito importantes por dois dos três usuários.

#### 4.7 Relação competências x barreiras

Para entender a relação entre as competências que tiveram maior impacto para mitigar as barreiras, foi solicitado aos entrevistados que fizessem essa associação. A tabela completa com todas as respostas se encontra no Apêndice C. Para efeito de análise, foram consideradas as relações que tiveram concordância de dois entrevistados ou mais, conforme Figura 8.

Figura 8: Relação Competências x Barreiras - Geral

|              |                                                |                            | Barreiras             |                                                                      |                                                   |                               |                          | Número de barreiras associadas às competências |
|--------------|------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
|              |                                                |                            | Tecnológica           | Trabalhadores                                                        |                                                   |                               | Processos                |                                                |
|              |                                                |                            | Falta de conhecimento | Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela indústria 4.0 | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores | Falta de habilidades digitais | Falta de liderança ativa |                                                |
| Competências | Técnicas                                       | Habilidades técnicas       | 1, 5                  |                                                                      | 4, 5                                              | 1, 3, 4, 6                    |                          | 3                                              |
|              |                                                | Compreensão do processo    |                       | 1, 5                                                                 |                                                   |                               | 1, 6                     | 2                                              |
|              |                                                | Habilidade de mídia        |                       |                                                                      | 2,3,5                                             | 3, 5, 6                       |                          | 2                                              |
|              | Metodológicas                                  | Resolução de problemas     |                       |                                                                      |                                                   |                               | 5, 6                     | 1                                              |
|              | Sociais                                        | Habilidades de comunicação |                       | 3, 5, 6                                                              | 1, 3, 5                                           |                               |                          | 2                                              |
|              |                                                | Habilidades de rede        | 1, 5                  |                                                                      |                                                   |                               |                          | 1                                              |
|              | Pessoais                                       | Motivação para aprender    | 1, 3, 5               | 1, 2, 3, 4, 5, 6                                                     | 1, 2, 4, 6                                        | 1, 2, 3, 4, 5, 6              |                          | 4                                              |
|              | Número de competências associadas às barreiras |                            | 3                     | 3                                                                    | 4                                                 | 3                             | 2                        |                                                |

Fonte: Os autores (2021)

A “Motivação para aprender” é a competência que auxilia a mitigar o maior número de barreiras. A mesma foi associada a “Falta de conhecimento”, “Falta de conhecimento sobre os benefícios da Indústria 4.0”, “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores” e “Falta de

habilidades digitais”. Como podemos observar na tabela, a competência “Motivação para aprender” foi relacionada com duas barreiras por todos os entrevistados.

A “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores” é a barreira que pode ser trabalhada por um maior número de competências, sendo elas: “Habilidades técnicas”, “Habilidade de mídia”, “Habilidades de comunicação” e “Motivação para aprender”.

Para analisar a visão da equipe de implementação de forma individual, a seguir a Figura 9 apresenta as relações entre as barreiras e competências do ponto de vista desses entrevistados.

Figura 9: Relação Competências x Barreiras - Implementação

|                                                |          |                            | Barreiras   |                       |                                                                      |                                                   | Número de barreiras associadas às competências |
|------------------------------------------------|----------|----------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                                |          |                            | Tecnológica | Trabalhadores         |                                                                      |                                                   |                                                |
|                                                |          |                            |             | Falta de conhecimento | Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela indústria 4.0 | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores |                                                |
| Competências                                   | Técnicas | Habilidades técnicas       |             |                       |                                                                      | 1, 3                                              | 1                                              |
|                                                |          | Habilidade de mídia        |             |                       | 2,3                                                                  |                                                   | 1                                              |
|                                                | Sociais  | Habilidades de comunicação |             |                       | 1, 3                                                                 |                                                   | 1                                              |
|                                                | Pessoais | Motivação para aprender    | 1, 3        | 1, 2, 3               | 1, 2                                                                 | 1, 2, 3                                           | 4                                              |
| Número de competências associadas às barreiras |          |                            | 1           | 1                     | 3                                                                    | 2                                                 |                                                |

Fonte: Os autores (2021)

A “Motivação para aprender” é a competência que auxilia a mitigar o maior número de barreiras. A mesma foi associada pelos implementadores a “Falta de conhecimento”, “Falta de conhecimento sobre os benefícios da Indústria 4.0”, “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores” e “Falta de habilidades digitais”.

Ainda segundo os implementadores, “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores” é a barreira que pode ser trabalhada por um maior número de competências, sendo elas: “Habilidade de mídia”, “Habilidades de comunicação” e “Motivação para aprender”.



A seguir a Figura 10 apresenta as relações entre as barreiras e competências do ponto de vista dos usuários.

Figura 10: Relação Competências x Barreiras - Usuários

|              |                                                |                            | Barreiras                                                            |                                                   |                               |                          | Número de barreiras associadas às competências |
|--------------|------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
|              |                                                |                            | Trabalhadores                                                        |                                                   |                               | Processos                |                                                |
|              |                                                |                            | Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela indústria 4.0 | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores | Falta de habilidades digitais | Falta de liderança ativa |                                                |
| Competências | Técnicas                                       | Habilidades técnicas       |                                                                      | 4, 5                                              | 4, 6                          |                          | 2                                              |
|              |                                                | Habilidade de mídia        |                                                                      |                                                   | 5, 6                          |                          | 1                                              |
|              | Metodológicas                                  | Resolução de problemas     |                                                                      |                                                   |                               | 5, 6                     | 1                                              |
|              | Sociais                                        | Habilidades de comunicação | 5, 6                                                                 |                                                   |                               |                          | 1                                              |
|              | Pessoais                                       | Motivação para aprender    | 4, 5, 6                                                              | 4, 6                                              | 4, 5, 6                       |                          | 3                                              |
|              | Número de competências associadas às barreiras |                            | 2                                                                    | 2                                                 | 3                             | 1                        |                                                |

Fonte: Os autores (2021)

A “Motivação para aprender” é a competência que auxilia a mitigar o maior número de barreiras. A mesma foi associada pelos usuários a “Falta de conhecimento sobre os benefícios da Indústria 4.0”, “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores” e “Falta de habilidades digitais”.

Ainda de acordo com os usuários, “Falta de habilidades digitais” é a barreira que pode ser trabalhada por um maior número de competências, sendo elas: “Habilidades técnicas”, “Habilidade de mídia” e “Motivação para aprender”.

## 5. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Diante das pesquisas realizadas, foram mapeadas 26 barreiras que podem ser vivenciadas, em relação a implementação da Indústria 4.0, sendo divididas em 4 clusters: tecnológicas, dos trabalhadores, financeiras e de processos. Também foram identificadas 28 competências necessárias, divididas em quatro clusters: técnicas, metodológicas, sociais e pessoais. Por meio das entrevistas, foram ranqueadas as barreiras mais vivenciadas e as competências mais importantes tanto para os usuários quanto para equipe de implementação de uma ferramenta que viabilizou a digitalização do processo de manutenção em estudo. O Quadro 6 apresenta a barreira mais vivenciada pela equipe da implementação e a principal barreira citada pelos usuários. Também traz as competências mais importantes para adoção da nova filosofia de trabalho para os dois pontos de vista.

Quadro 6: Barreiras mais vivenciadas e competências mais importantes.

|                      | Barreira                                           | Competência                                          |
|----------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Implementação</b> | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores. | Compreensão do processo;<br>Motivação para aprender. |
| <b>Usuário</b>       | Falta de habilidades digitais.                     | Habilidades técnicas;<br>Motivação para aprender.    |

Fonte: Os autores (2021)

Além disso, por meio das entrevistas também foi identificado qual era a competência capaz de mitigar o maior número de barreiras. O Quadro 7 apresenta essa informação, tanto do ponto de vista da equipe de implementação quanto dos usuários.

Quadro 7: Competência capaz de mitigar o maior número de barreiras.

|                      | Competência             | Barreiras                                                  |
|----------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Implementação</b> | Motivação para aprender | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores          |
|                      |                         | Falta de conhecimento sobre os benefícios da Indústria 4.0 |
|                      |                         | Falta de conhecimento                                      |

|                 |                         |                                                            |
|-----------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|
|                 |                         | Falta de habilidades digitais                              |
| <b>Usuários</b> | Motivação para aprender | Falta de habilidades digitais                              |
|                 |                         | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores          |
|                 |                         | Falta de conhecimento sobre os benefícios da Indústria 4.0 |

Fonte: Os autores (2021)

## 5.1 Barreiras

De acordo com a equipe de implementação, a barreira mais vivenciada durante o projeto foi a “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores”. Segundo eles, houve bastante resistência no início do projeto por parte dos usuários. Por se tratar de algo novo dentro da ES, alguns usuários levaram um certo tempo para entender que esta mudança seria benéfica. Foi identificado também, que esta resistência se fazia presente pelo não entendimento da importância da digitalização e por se tratar de uma mudança na metodologia de trabalho, anteriormente realizada por meio de ordens impressas. Além disso, a sistematização do processo de manutenção e a definição de papéis e responsabilidades exigiram que os usuários seguissem um plano de inspeção pré-determinado, deixando sua rotina menos flexível.

Kolla *et al.* (2019) concordam e descrevem que a cultura e a resistência dos colaboradores são fatores críticos quanto ao sucesso das novas tecnologias digitais, por se tratarem de algo que implica em sair da zona de conforto. Os autores ainda completam que um bom processo de liderança e uma cultura de inovação, são fundamentais para combater tais barreiras. Eles reforçam, dizendo que esta resistência acentua a importância da cultura organizacional como estratégia para o sucesso das organizações. Seu destaque assume um dos fundamentos críticos para o êxito da quarta revolução industrial.

Conforme exposto por Muller (2019), as barreiras de resistência e de conformismo, são sentimentos que já fazem parte do ser humano.

De uma forma geral, a implementação de novas tecnologias é associada a alguma resistência por parte dos trabalhadores do chão de fábrica. Ainda que seja notada a presença da resistência

por parte dos trabalhadores, eles acabam cedendo e aceitando as mudanças pela necessidade de manter seu emprego. (ALVES, 2020)

Segundo os usuários, a barreira mais vivenciada no projeto é em relação à “falta de habilidades digitais”. As principais dificuldades estavam associadas ao uso do sistema ERP e das funções do mobile. Outro ponto que justifica o destaque desta barreira se deu pelo não uso de smartphones por alguns inspetores fora da ES, influenciando negativamente no aprendizado quanto ao uso da ferramenta.

Ainda sobre a falta de habilidades digitais, Hung (2016) afirma que essas habilidades e os conhecimentos necessários da Indústria 4.0 são fundamentais na sua implementação. Breunig *et al.* (2016) dizem que a falta de habilidades digitais enfraquecem a capacidade de contribuir com fornecedores de softwares, quando os usuários não possuem experiência para utilizar tal ferramenta. Ainda sobre este tema, ele finaliza declarando que muitas organizações reconhecem que não possuem habilidades necessárias para implementar a Indústria 4.0.

Horváth e Szabó (2019) apontam que o medo existente por parte dos colaboradores de perder o emprego está diretamente associado aos mesmos não possuírem habilidades digitais. Eles concluem que a falta de trabalhadores qualificados se ajustam claramente aos desafios da quarta revolução industrial.

Seguindo esta linha de raciocínio, Kamble *et al.* (2019) também acreditam que essa falta de habilidade é um aspecto que necessita de uma maior atenção por parte dos implementadores.

A partir dessas informações, tem-se o primeiro achado da pesquisa. Pode-se perceber que ambas barreiras citadas como as mais vivenciadas pelas equipes estão presentes na literatura, porém em nossa análise descobrimos que a equipe envolvida na implementação tem uma visão diferente dos usuários sobre as dificuldades vivenciadas no projeto. Essa diferenciação não é encontrada na literatura, mas é importante notar que, o que a equipe de implementação cita como "Resistência à mudança por parte dos trabalhadores" está associado à dificuldade que os usuários tiveram para se adaptar, como eles citaram a barreira “Falta de habilidades digitais”. Assim nota-se importância de ouvir os dois lados envolvidos na digitalização do processo de manutenção, fazendo com que a empresa possa entender melhor como trabalhar para mitigar as barreiras enfrentadas.

## 5.2 Competências

A “Motivação para aprender” foi uma competência fundamental tanto para equipe de implementação quanto para os usuários. Esse item se destaca principalmente pelo cenário estudado, pois se tratava de um projeto novo onde não houve o suporte ideal para implementação, exigindo das equipes que estudassem os materiais disponíveis para aplicarem e adaptarem os conceitos da nova filosofia de trabalho. Por parte dos usuários, o uso do mobile mudou a forma de trabalho dos mesmos, assim foi necessário que eles aprendessem sobre o uso da ferramenta e também novas funções de utilização do sistema. Tudo isso explica o porquê dessa competência ser tão importante para o processo de digitalização da manutenção na ES.

O World Economic Forum (2016) definiu que a capacidade de aplicar conhecimentos é uma competência crítica para os futuros profissionais atuarem na implantação da Indústria 4.0, e que esses profissionais devem aprender continuamente com novos ambientes e outros profissionais com diferentes formações e experiências. Em concordância, Hernadez-de-Menedez *et al.* (2020) diz que a motivação para aprender é uma competência que a nova força de trabalho deve ter para implementar a Indústria 4.0 e que as empresas devem considerar que os funcionários precisam estar sempre adquirindo novas competências.

Segundo a equipe de implementação, outra competência importante para a adoção da nova ferramenta e filosofia de trabalho foi a “Compreensão do processo”. Compreender o processo foi necessário para que pudessem aplicar os conceitos de manutenção dentro do sistema, de forma que as estratégias estabelecidas garantissem a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. Além disso, esta competência justifica sua importância ao mitigar a resistência à mudança por parte dos usuários, barreira mais vivenciada pelos implementadores, conforme apresentado no tópico anterior.

Ten Hompel *et al.* (2016) enfatizam a importância da compreensão do processo como uma competência necessária para o profissional que atua na implementação da Indústria 4.0, uma vez que processos mais complexos exigem maior familiaridade com o fluxo dos serviços e informações. Segundo Hecklau *et al.* (2016), essa é uma competência fundamental para o sucesso na implementação e longevidade dos projetos da Indústria 4.0 dentro das organizações.

Segundo os usuários, as habilidades técnicas também foram muito importantes para atuarem dentro do projeto. Essa competência foi necessária para auxiliar na criação dos planos de inspeção. Para que estes funcionassem de forma correta, foi preciso combinar os conhecimentos

dos profissionais nas áreas, manuais técnicos e também conhecimentos sobre o funcionamento do sistema, para que tudo estivesse alinhado. Além disso, a habilidade técnica para os inspetores foi muito importante para garantir que eles exercessem sua função de maneira correta, que além de ter o olhar crítico para inspeção, saberiam também passar as informações coletadas para o sistema. Tudo isso é a base que sustenta a estratégia de manutenção centrada na confiabilidade.

Em concordância com os achados dessa pesquisa o IBSA (2018), ressalta que a indústria de manufatura valoriza muito as competências digitais, e que, no futuro, este setor precisará de pessoas com habilidades híbridas que possam aplicar habilidades e conhecimentos técnicos, digitais e pessoais em uma variedade de contextos e aplicações.

Segundo Davies *et al.* (2011) e World Economic Forum (2016) as habilidades técnicas são necessárias para interpretar tarefas operacionais e abordá-las de forma estratégica, não levando em conta somente a execução de uma operação mas o objetivo do projeto como um todo, ambos autores abordam o tema do ponto de vista da implementação de projetos e tecnologias da Indústria 4.0.

Diante dessas análises, tem-se a segunda grande contribuição da pesquisa: observou-se que a competência “Motivação para aprender” é a mais importante. Com essa competência, as pessoas tornam-se aptas para “compreender o processo” e desenvolver “habilidades técnicas”. É importante que as empresas entendam isso, e assim desenvolvam estratégias que incentivem seus funcionários a buscarem novos conhecimentos e deem essa abertura para que façam isso de forma natural. se os funcionários estiverem motivados a aprender ele irão adquirir várias novas competências dentro e fora do seu contexto. Dessa forma isso impacta diretamente na superação de barreiras em um cenário de mudança de metodologia de trabalho, como o estudado aqui.

### **5.3 Relação Competências x Barreiras**

Por meio da relação entre barreiras e competências apresentadas no tópico 4.7, pode-se visualizar que tanto a equipe de implementação quanto os usuários concordam que a competência “motivação para aprender” é importante para mitigar as barreiras encontradas durante a implementação do projeto. Segundo esses entrevistados essa foi a competência capaz de mitigar o maior número de barreiras, sendo associada a “falta de conhecimento”, “falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela Indústria 4.0”, “resistência à mudança por parte

dos trabalhadores” e a “falta de habilidades digitais”. Pode-se notar também que o cluster de barreira dos trabalhadores foi o mais relacionado por ambos os grupos de entrevistados, que entre 4 barreiras associadas 3 fazem parte desse conjunto.

Por fim, ao analisar as relações estabelecidas entre competências x barreiras, tem-se a terceira grande contribuição dessa pesquisa: pode-se concluir que, tanto para os usuário quanto para a equipe de implementação, a competência pessoal “Motivação para aprender” é capaz de mitigar as barreiras mais vivenciadas, representadas pela “resistência à mudança” e a “falta de habilidades digitais”.

Esse achado contribui para a literatura, uma vez que os estudos sobre competências, em especial para a competência “motivação para aprender” (eg. HERNANDEZ-DE-MENEDEZ *et al.*, 2020; WORLD ECONOMIC FORUm, 2016) e os estudos sobre barreiras, em especial para a “resistência à mudança por parte dos trabalhadores” (ALVES, 2020; HORVÁTH *et al.*, 2019; KOLLA *et al.*, 2019; MULLER, 2019) e para a falta de “habilidade digitais” (HORVÁTH *et al.*, 2019; HUNG, 2016; SZABÓ, 2019) não trabalham a relação de quais competências são capazes de mitigar as barreiras. Os estudos abordam as competências necessárias e as barreiras existentes à implementação da Indústria 4.0 de forma isolada. Analisar essa relação apresenta-se como uma importante contribuição, uma vez que esse achado orienta o processo de desenvolvimento de competências na empresa, de forma mais direcionada para a mitigação das principais barreiras. Espera-se, com isso, aumentar as chances de sucesso da implementação de tecnologias da Indústria 4.0.

## 6. CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho é identificar quais competências são capazes de mitigar as barreiras vivenciadas pelos usuários e equipe de implementação do processo de digitalização da manutenção baseada na inspeção, em uma siderúrgica. Além disso, a presente pesquisa também buscou identificar as barreiras que foram mais vivenciadas e competências mais importantes tanto para equipe de implementação, quanto para os usuários.

Foram realizadas entrevistas com quatro colaboradores que fizeram parte da equipe de implementação, sendo um deles da gerência de TI, e três usuários das tecnologias da Indústria 4.0. A partir disso, foi evidenciado que as tecnologias utilizadas para a implementação do projeto, foram: Cibersegurança, Realidade aumentada, Big Data, Simulação, Integração de sistemas e Computação em nuvem.

Segundo a equipe de implementação, a barreira mais vivenciada foi a “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores”, e as competências mais importantes foram a de “Compreensão do processo” e “Motivação para aprender”. Segundo os usuários, a barreira mais vivenciada foi a “Falta de habilidades digitais”, e as competências mais importantes foram “Habilidades técnicas” e “Motivação para aprender”.

Após confrontar as competências com as barreiras encontradas, concluímos que segundo a equipe de implementação, a “Resistência à mudança por parte dos trabalhadores” é a barreira que pode ser trabalhada por um maior número de competências. Já os usuários, relataram que a “Falta de habilidade digital” é a barreira que pode ser trabalhada por um maior número de competências. Todos os entrevistados concordaram que a “Motivação para aprender” é a competência que pode auxiliar a mitigar o maior número de barreiras. Essa competência foi considerada capaz de mitigar um total de quatro barreiras: “falta de conhecimento”, “falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela Indústria 4.0”, “resistência à mudança por parte dos trabalhadores” e a “falta de habilidades digitais”

Desta forma, o presente trabalho contribui para a literatura sobre a Indústria 4.0 com três principais achados:

1. Os profissionais envolvidos na implantação das tecnologias da Indústria 4.0 enfrentam barreiras diferentes dos usuários das tecnologias. E o que a equipe de implementação julga como resistência à mudança por parte dos usuários, por vezes, é em função da falta de habilidades digitais desses colaboradores.



2. A competência “motivação para aprender” é a mais importante. Com essa competência, as pessoas tornam-se aptas para “compreender o processo” e desenvolver “habilidades técnicas”.

3. A competência “motivação para aprender” é capaz de mitigar as barreiras mais vivenciadas tanto pela equipe de implementação quanto pelos usuários, representadas pela “resistência à mudança” e a “falta de habilidades digitais”.

Dessa forma, a partir dos resultados obtidos, as empresas podem direcionar seus esforços para as competências mais importantes e as que auxiliam a mitigar mais barreiras, e assim obter um resultado mais satisfatório na implementação de tecnologias da Indústria 4.0.

Como limitação dessa pesquisa, destaca-se o fato das conclusões aqui apresentadas serem obtidas por meio de estudos de caso contando com sete entrevistados. Embora esses entrevistados envolvem pessoas representando os diferentes setores da organização, a pesquisa não permite a generalização dos resultados obtidos. O estudo também se limitou a avaliar as barreiras e competências inerentes a um projeto de digitalização da manutenção da empresa siderúrgica.

Por fim, sugere-se que sejam realizados trabalhos futuros com a realização da pesquisa abordando uma amostra maior para comparação com os resultados obtidos neste trabalho. A realização de estudos envolvendo a implementação de outras tecnologias da Indústria 4.0, em outros contextos de processo, inclusive de outros ramos de atuação, também podem contribuir para a literatura, complementando os achados dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. NBR5462 - **Confiabilidade e Manutenibilidade**, p. 1–37, 1994.
- ABNT. NBR ISO 55000:2014 - **Gestão de ativos — Visão geral, princípios e terminologia**. [S.l.], 2014. 23 p.
- Alan Kardec, Julio Nascif. 2013. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro : Qualitymark, 2013.
- ALVES, Manuel Gonçalo Pinto. **Impacto das tecnologias digitais da Indústria 4.0 na Cultura Organizacional das Empresas**. 2020.
- APOSTOLOV, Mico; COCO, Nunzia. Digitalization-Based Innovation—A Case Study Framework. **International Journal of Innovation and Technology Management**, p. 1-25, 2020.
- BASL, Josef. Pilot study of readiness of Czech companies to implement the principles of Industry 4.0. **Management and Production Engineering Review**, v. 8, 2017.
- Bauer H, Baur C, Camplone G, George K, Ghislanzoni G, Huhn W, et al. **Industry 4.0 - How to navigate digitization of the manufacturing sector**; 2015.
- BELTRAMETTI, Luca. La fabbrica connessa: la manifattura italiana (attra) verso Industria 4.0. **La fabbrica connessa**, p. 1-214, 2017.
- BOGNER, Eva et al. Study based analysis on the current digitalization degree in the manufacturing industry in Germany. **Procedia Cirp**, v. 57, p. 14-19, 2016.
- BRANCA, Teresa Annunziata et al. The challenge of digitalization in the steel sector. **Metals**, v. 10, n. 2, p. 288, 2020.
- BRAVO IBARRA, Edna Rocío; HERRERA, Liliana. Capacidad de innovación y configuración de recursos organizativos. **Intangible capital**, v. 5, n. 3, p. 301-320, 2009.

Breunig, M., Kelly, R., Mathis, R., & Wee, D. (2016). **Getting the most out of Industry 4.0**. Retrieved March 12, 2018, from <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/ourinsights/industry-40-looking-beyond-the-initial-hype>

BRYNER, Michelle. Smart manufacturing: The next revolution. **Chemical Engineering Progress**, v. 108, n. 10, p. 4-12, 2012.

CIMINI, Chiara et al. The transition towards industry 4.0: business opportunities and expected impacts for suppliers and manufacturers. In: IFIP **International Conference on Advances in production Management systems**. Springer, Cham, 2017. p. 119-126.

CNI. Confederação nacional da indústria. Sondagem Especial 66 - **Indústria 4.0, Portal da Indústria**, p. 01–13, Abril 2016. Disponível em: . Acesso em: 08.09.2021.

COLLA, Valentina et al. Human-Centered Robotic Development in the Steel Shop: Improving Health, Safety and Digital Skills at the Workplace. **Metals**, v. 11, n. 4, p. 647, 2021.

COSTA, Cesar da. Indústria 4.0: o futuro da indústria nacional. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo**, p. 5-14, 2017.

DATHEIN, Ricardo. Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. **Publicações DECON Textos Didáticos**, v. 2, p. 5-7, 2003.

DAVIES, Anna; FIDLER, Devin; GORBIS, Marina. Future work skills 2020. **Institute for the Future for University of Phoenix Research Institute**, v. 540, 2011.

DE ALMEIDA, PAULO SAMUEL. **Indústria 4.0: Princípios básicos, aplicabilidade e implantação**. Saraiva Educação SA, 2019.

DE LIMA, A.W.B; JUNIOR, A.P.C.; PETRONI, B.C.; COUTO, C.A.; DA SILVA, E.P.; DE MORAES, E.M.; FERIGATTO, E.A.; JÚNIOR, I.G.; JACINTHO, J.C.; REIS, J.Z.; VENDRAMETTO, O. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. Edgard Blucher Ltda, 2018.

DE SOUSA JABBOUR, Ana Beatriz Lopes et al. When titans meet—Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 18-25, 2018.

EROL, Selim; SCHUMACHER, Andreas; SIHN, Wilfried. Strategic guidance towards Industry 4.0—a three-stage process model. In: **International conference on competitive manufacturing**. 2016. p. 495-501.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Industry 4.0**. União Europeia, 2016.

FLEURY, Maria Tereza Leme; FLEURY, Afonso. Construindo o conceito de competência. **Revista de administração contemporânea**, v. 5, p. 183-196, 2001.

FLICK, Uwe. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GAJDZIK, Bożena; WOLNIAK, Radosław. Transitioning of Steel Producers to the Steelworks 4.0—Literature Review with Case Studies. **Energies**, v. 14, n. 14, p. 4109, 2021.

GEHRKE, Lars et al. A discussion of qualifications and skills in the factory of the future: A German and American perspective. **VDI/ASME Industry**, v. 4, p. 1-28, 2015.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.

GRZYBOWSKA, Katarzyna; LUPICKA, Anna. Key competencies for Industry 4.0. **Economics & Management Innovations**, v. 1, n. 1, p. 250-253, 2017.

HECKLAU, Fabian et al. Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. **Procedia Cirp**, v. 54, p. 1-6, 2016.

HECKLAU, Fabian et al. Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. **Procedia Cirp**, v. 54, p. 1-6, 2016.

HERNANDEZ-DE-MENENDEZ, Marcela et al. Competencies for Industry 4.0. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v. 14, p. 1511-1524, 2020.

HERZOG, Sebastian et al. Mitarbeiterqualifikation in der Smart Factory. **Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb**, v. 111, n. 10, p. 653-657, 2016.

HORVÁTH, Dóra; SZABÓ, Roland Zs. Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?. **Technological forecasting and social change**, v. 146, p. 119-132, 2019.

Hung, M., 2016. **IoT Implementation and Management - from the Edge to the Cloud**.  
Disponível em: <<https://www.gartner.com/technology/research/internet-ofthings/report/>>.  
.Acesso em: 28.09.2021.

INNOVATION AND BUSINESS SKILLS AUSTRALIA (IBSA). **Preparing for Industry 4.0: will digital skills be enough?**. 2018.

ISWOROWATI, Dila Aliffita et al. Knowledge Management System for Maintenance Activity: Case Study at the Maintenance Department of XYZ Corporation. In: **2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**. IEEE, 2019. p. 139-143.

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

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

KAMBLE, Sachin; GUNASEKARAN, Angappa; ARHA, Himanshu. Understanding the Blockchain technology adoption in supply chains-Indian context. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 7, p. 2009-2033, 2019.

KAUR, Rupinder; AWASTHI, Anjali; GRZYBOWSKA, Katarzyna. Evaluation of key skills supporting industry 4.0—A review of literature and practice. **Sustainable Logistics and Production in Industry 4.0**, p. 19-29, 2020.

KIEL, Daniel et al. Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. In: **Digital Disruptive Innovation**. 2020. p. 231-270.

KOLLA, Sri; MINUFEKR, Meysam; PLAPPER, Peter. Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs. **Procedia Cirp**, v. 81, p. 753-758, 2019.

MUELLER, Egon; CHEN, Xiao-Li; RIEDEL, Ralph. Challenges and requirements for the application of industry 4.0: a special insight with the usage of cyber-physical system. **Chinese Journal of Mechanical Engineering**, v. 30, n. 5, p. 1050-1057, 2017.

MULDER, Martin et al. The new competence concept in higher education: error or enrichment?. **Journal of European Industrial Training**, 2009.

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**, v. 132, p. 2-17, 2018.

OLIVEIRA, José Carlos Souza. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 9, n. 3, p. 53, 2013.

PACCHINI, Athos Paulo Tadeu et al. **Indústria 4.0: barreiras para implantação na indústria brasileira**. Exacta, v. 18, n. 2, p. 278-292, 2020.

PASCHOAL, D. R. et al. Disponibilidade e confiabilidade: Aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade. **Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA**, p. 1-14, 2009.

PENHAKI, Juliana de Rezende et al. Soft Skills na indústria 4.0. 2019. Dissertação de Mestrado. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. d. A. N. **Manutenção - Função estratégica**. [S.l.]: QUALITYMARK, 2015. 436 p. (4-2012). ISBN 978-85-414-0040-4.

POMPA, Claudia. Jobs for the Future. **Overseas Development Institute**, 2015.

QI, Qinglin; TAO, Fei. Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison. **Ieee Access**, v. 6, p. 3585-3593, 2018.

QUINELLO, Robson; NICOLETTI, José Roberto. Inteligência competitiva nos departamentos de manutenção industrial no Brasil. **JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 2, p. 21-37, 2005.

QUINTINO, L.F.; DA SILVEIRA, A.M.; DE AGUIAR, F.R.; RUWER, L.M.E.; DE QUADROS, M.L.. **Indústria 4.0**. SAGAH EDUCAÇÃO S.A, 2019.

RAJ, Alok et al. Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 224, p. 107546, 2020.

RUBMANN, Michael et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.

SALO, Jari; TAN, Teck Ming; MAKKONEN, Hannu. Digitalization of the buyer–seller relationship in the steel industry. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 2020.

SANTOS, Beatrice Paiva et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SANTOS, Mário José Marques Ferreira dos et al. **Gestão de manutenção do equipamento**. 2009.

SANTOS, Mário José Marques Ferreira dos et al. **Gestão de manutenção do equipamento**. 2009.

SANTOS, Thiago Diórgenes Lima Pereira dos. **Competências profissionais na indústria 4.0: uma revisão sistemática**. 2019.

SCHWAB, Klaus. **The fourth industrial revolution**. Currency, 2017.

SUNG, Tae Kyung. Industry 4.0: a Korea perspective. **Technological forecasting and social change**, v. 132, p. 40-45, 2018.

SZALAVETZ, Andrea. **Industry 4.0 and capability development in manufacturing subsidiaries**. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 145, p. 384-395, 2019.

Ten Hompel M, Anderl R, Gausemeier J, Meinel C, Schildhauer T, Beck M, et al. Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 - **Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen**. München; 2016.

TORTORELLA, Guilherme Luz et al. Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. **International Journal of Production Economics**, v. 240, p. 108224, 2021.

TUPA, Jiri; SIMOTA, Jan; STEINER, Frantisek. Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. **Procedia manufacturing**, v. 11, p. 1223-1230, 2017.

VERES, Cristina et al. Industry 4.0 Implementation Model: Taking Steps Towards Digitization. In: **Proc. Review of Management and Economic Engineering International Management Conference (RMEE 2018)**. 2018. p. 503-510.

VERMULM, Roberto et al. **Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil**. 2018.

VEY, Karin et al. Learning & Development in Times of Digital Transformation: Facilitating a Culture of Change and Innovation. **International Journal of Advanced Corporate Learning**, v. 10, n. 1, 2017.

WILKESMANN, Maximiliane; WILKESMANN, Uwe. Industry 4.0—organizing routines or innovations?. **VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems**, 2018.

WOLLSCHLAEGER, M.; SAUTER, T.; JASPERNEITE, J. The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v. 11, p. 17–27, March 2017.

WORLD ECONOMIC FORUM. The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. **Global Challenge Insight Report**, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos.

ZARTE, Maximilian et al. Building an Industry 4.0-compliant lab environment to demonstrate connectivity between shop floor and IT levels of an enterprise. In: **IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society**. IEEE, 2016. p. 6590-6595.



## APÊNDICE

### APÊNDICE A - QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NAS ENTREVISTA SOBRE BARREIRAS

|                                                                      | Vivência      |                |                          |                          |                          |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Barreiras tecnológicas                                               | 1<br>Nunca    | 2<br>Raramente | 3<br>Ocasional-<br>mente | 4<br>Frequente-<br>mente | 5<br>Muita<br>frequência |
| Falta de Infraestrutura                                              | 3, 4, 5, 6    |                |                          | 1, 2                     |                          |
| Falta de padrão                                                      | 1, 3, 4, 5, 6 | 2              |                          |                          |                          |
| Falta de cultura na digitalização                                    | 3, 4, 5, 6    | 1              | 2                        |                          |                          |
| Falta de conhecimento                                                | 4, 6          | 5              | 2, 3                     | 1                        |                          |
| Falta de segurança dos dados                                         | 1, 3, 4, 5, 6 | 2              |                          |                          |                          |
| Risco de violação                                                    | 1, 3, 4, 5, 6 | 2              |                          |                          |                          |
| Falta de proteção das propriedades intelectuais                      | 1, 3, 4, 5, 6 | 2              |                          |                          |                          |
| Barreiras dos trabalhadores                                          | 1<br>Nunca    | 2<br>Raramente | 3<br>Ocasional-<br>mente | 4<br>Frequente-<br>mente | 5<br>Muita<br>frequência |
| Falta de conhecimento dos conceitos da indústria 4.0                 | 3, 6          | 4, 5           | 1                        | 2                        |                          |
| Falta de sistemas para gestão do conhecimento                        | 1             | 2, 3, 4, 5, 6  |                          |                          |                          |
| Falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela indústria 4.0 |               | 4, 5, 6        | 3                        | 1, 2                     |                          |
| Resistência à mudança por parte dos trabalhadores                    |               | 4, 5, 6        | 3                        | 2                        | 1                        |
| Falta de treinamentos                                                | 4             | 1, 3           | 2, 5, 6                  |                          |                          |
| Falta de mão de obra qualificada                                     | 1, 4, 5       | 2, 3, 6        |                          |                          |                          |
| Falta de habilidades digitais                                        |               |                | 2, 3, 4, 6               | 5                        | 1                        |
| Barreiras de finanças                                                | 1<br>Nunca    | 2<br>Raramente | 3<br>Ocasional-<br>mente | 4<br>Frequente-<br>mente | 5<br>Muita<br>frequência |
| Escassez de recursos financeiros                                     | 1, 3, 4, 5, 6 | 2              |                          |                          |                          |
| Falta de investimentos da implementação da indústria 4.0             | 1, 4, 5, 6    | 2, 3           |                          |                          |                          |
| Barreiras de processos                                               | 1<br>Nunca    | 2<br>Raramente | 3<br>Ocasional-<br>mente | 4<br>Frequente-<br>mente | 5<br>Muita<br>frequência |
| Falta da cultura corporativa nos conceitos da indústria 4.0          | 1, 3, 4, 5, 6 |                | 2                        |                          |                          |
| Inexistência da cultura organizacional                               | 1, 4, 5, 6    | 2, 3           |                          |                          |                          |
| Resistência organizacional                                           | 1, 2, 4, 5, 6 |                | 3                        |                          |                          |
| Falta de estratégias digitais                                        | 1, 3, 4, 5, 6 |                | 2                        |                          |                          |
| Falta de planejamento e atividades                                   | 1, 3, 4       | 6              | 2, 5                     |                          |                          |
| Falta de um alinhamento estratégico eficaz                           | 1, 3, 5       | 4, 6           | 2                        |                          |                          |
| Falta de liderança ativa                                             | 3, 4          | 5, 6           | 2                        | 1                        |                          |
| Falta de competências de gestão                                      | 3             | 1, 2, 4, 5, 6  |                          |                          |                          |
| Dificuldade de coordenação                                           | 3, 4, 5, 6    | 2              | 1                        |                          |                          |

## APÊNDICE B - QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NAS ENTREVISTA SOBRE COMPETÊNCIAS

| Competências técnicas                 | Importância             |                          |                                  |                 |                          |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------------|
|                                       | 1<br>Sem<br>importância | 2<br>Pouco<br>Importante | 3<br>Razoavelmente<br>importante | 4<br>Importante | 5<br>Muito<br>importante |
| Conhecimento de ponta                 | 4, 5, 6                 | 3                        | 2                                |                 | 1                        |
| Habilidades técnicas                  |                         |                          |                                  | 2               | 1, 3, 4, 5, 6            |
| Compreensão do processo               |                         |                          |                                  | 5               | 1, 2, 3, 4, 6            |
| Habilidade de mídia                   |                         | 1                        |                                  | 2, 4            | 3, 5, 6                  |
| Habilidade de codificação             | 1, 2, 4, 5, 6           | 3                        |                                  |                 |                          |
| Compreender a segurança de TI         | 4, 5, 6                 | 1, 3                     | 2                                |                 |                          |
| Competências metodológicas            | 1<br>Sem<br>importância | 2<br>Pouco<br>Importante | 3<br>Razoavelmente<br>importante | 4<br>Importante | 5<br>Muito<br>importante |
| Criatividade                          | 4, 5                    |                          | 3, 6                             | 1, 2            |                          |
| Pensamento empreendedor               | 5                       |                          | 6                                | 1, 2, 4         | 3                        |
| Resolução de problemas                |                         |                          |                                  | 2, 4, 5, 6      | 1, 3                     |
| Resolução de conflitos                |                         | 5, 6                     |                                  | 1, 2, 4         | 3                        |
| Tomada de decisão                     |                         |                          | 1                                | 2, 3, 4, 5      | 6                        |
| Habilidades analíticas                |                         |                          |                                  | 2, 4, 5, 6      | 1, 3                     |
| Habilidades de pesquisa               |                         |                          | 5                                | 1, 2, 3, 4, 6   |                          |
| Orientação para eficiência            |                         |                          | 5                                | 1, 2, 4, 6      | 3                        |
| Competências sociais                  | 1<br>Sem<br>importância | 2<br>Pouco<br>Importante | 3<br>Razoavelmente<br>importante | 4<br>Importante | 5<br>Muito<br>importante |
| Habilidades interculturais            | 4, 5                    |                          | 6                                | 2               | 1, 3                     |
| Habilidades linguísticas              | 4, 5, 6                 |                          | 2, 3                             |                 | 1                        |
| Habilidades de comunicação            |                         |                          |                                  | 2, 4, 5, 6      | 1, 3                     |
| Habilidades de rede                   |                         |                          |                                  | 2, 4, 5, 6      | 1, 3                     |
| Capacidade de trabalhar em equipe     |                         |                          |                                  | 2, 4, 6         | 1, 3, 5                  |
| Capacidade de comprometer e cooperar  |                         |                          | 5                                | 1, 2, 4, 6      | 3                        |
| Capacidade de transferir conhecimento |                         |                          | 5, 6                             | 2, 4            | 1, 3                     |
| Habilidades de liderança              |                         |                          | 2, 5, 6                          | 1, 4            | 3                        |
| Competências pessoais                 | 1<br>Sem<br>importância | 2<br>Pouco<br>Importante | 3<br>Razoavelmente<br>importante | 4<br>Importante | 5<br>Muito<br>importante |
| Flexibilidade                         |                         |                          | 1                                | 2, 3, 6         | 4, 5                     |
| Tolerância de ambiguidade             |                         |                          | 5, 6                             | 1, 2, 3         | 4                        |
| Motivação para aprender               |                         |                          |                                  |                 | 1, 2, 3, 4, 5, 6         |
| Capacidade de trabalhar sob pressão   |                         |                          | 5, 6                             | 2, 3, 4         | 1                        |
| Mentalidade sustentável               | 1, 5, 6                 |                          | 2                                | 3, 4            |                          |
| Conformidade                          |                         | 1                        | 5, 6                             | 2, 3            | 4                        |

## APÊNDICE C - RELAÇÃO COMPETÊNCIAS X BARREIRAS

|                            |                            | Barreiras tecnológicas  |                       | Barreira dos trabalhadores                           |                                           |                                                   |                       |                               | Barreiras de processos     |                                    |                                            |                          | Número de barreiras associadas às competências |   |   |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|---|---|
|                            |                            | Falta de Infraestrutura | Falta de conhecimento | Falta de conhecimento dos conceitos da indústria 4.0 | Falta de conhecimento sobre os benefícios | Resistência à mudança por parte dos trabalhadores | Falta de treinamentos | Falta de habilidades digitais | Resistência organizacional | Falta de planejamento e atividades | Falta de um alinhamento estratégico eficaz | Falta de liderança ativa | G                                              | I | U |
| Competências técnicas      | Conhecimento de ponta      |                         | 1                     |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            |                          | 1                                              | 1 | 0 |
|                            | Habilidades técnicas       |                         | 1, 5                  |                                                      | 4                                         | 4, 5                                              | 6                     | 1, 3, 4, 6                    |                            |                                    | 4                                          |                          | 6                                              | 2 | 6 |
|                            | Compreensão do processo    | 2                       |                       | 2                                                    | 1, 5                                      | 1                                                 |                       | 4                             |                            |                                    | 6                                          | 1, 6                     | 7                                              | 5 | 4 |
|                            | Habilidade de mídia        |                         |                       |                                                      |                                           | 2, 3, 5                                           | 6                     | 3, 5, 6                       |                            |                                    |                                            |                          | 3                                              | 1 | 3 |
|                            | Habilidade de codificação  |                         |                       |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            |                          | 0                                              | 0 | 0 |
|                            | Segurança de TI            |                         |                       |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            |                          | 0                                              | 0 | 0 |
| Competências metodológicas | Criatividade               |                         |                       |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            |                          | 0                                              | 0 | 0 |
|                            | Pensamento empreendedor    |                         |                       |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            |                          | 0                                              | 0 | 0 |
|                            | Resolução de problemas     | 1                       | 5                     |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            | 5, 6                     | 3                                              | 1 | 2 |
|                            | Resolução de conflitos     |                         |                       |                                                      |                                           | 3                                                 |                       |                               | 3                          |                                    |                                            |                          | 2                                              | 2 | 0 |
|                            | Tomada de decisão          |                         |                       |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            | 6                                  |                                            |                          | 1                                              | 0 | 1 |
|                            | Habilidades analíticas     |                         |                       |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            |                          | 0                                              | 0 | 0 |
|                            | Habilidade de pesquisa     |                         |                       |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            |                          | 0                                              | 0 | 0 |
|                            | Orientação para eficiência |                         |                       |                                                      |                                           |                                                   |                       |                               |                            |                                    |                                            |                          | 0                                              | 0 | 0 |

|                                                |                                       |   |         |   |                  |            |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------------------------------------|---------------------------------------|---|---------|---|------------------|------------|---|------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Competências sociais                           | Habilidades interculturais            |   |         |   |                  | 1          |   |                  |   |   |   |   | 1 | 1 | 0 |
|                                                | Habilidades linguísticas              |   |         |   |                  | 1          |   |                  |   |   |   |   | 1 | 1 | 0 |
|                                                | Habilidades de comunicação            |   |         |   | 3, 5, 6          | 1, 3, 5    |   |                  | 3 |   |   | 5 | 4 | 3 | 3 |
|                                                | Habilidades de rede                   |   | 1, 5    |   |                  |            |   |                  |   |   |   |   | 1 | 1 | 1 |
|                                                | Capacidade de trabalhar em equipe     |   | 3       |   |                  |            |   |                  |   |   |   |   | 1 | 1 | 0 |
|                                                | Capacidade de transferir conhecimento |   | 3       |   | 3                | 3          |   |                  | 3 |   |   |   | 4 | 4 | 0 |
|                                                | Habilidade de transferir conhecimento |   |         |   |                  |            |   |                  |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |
|                                                | Habilidades de liderança              |   |         |   | 3                | 3          |   |                  | 3 |   |   |   | 3 | 3 | 0 |
| Competências pessoais                          | Flexibilidade                         |   |         |   |                  | 4          |   |                  |   | 5 |   |   | 2 | 0 | 2 |
|                                                | Tolerância de ambiguidade             |   |         |   |                  |            |   |                  |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |
|                                                | Motivação para aprender               |   | 1, 3, 5 | 2 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 1, 2, 4, 6 | 6 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |   | 5 | 4 |   | 8 | 5 | 7 |
|                                                | Capacidade de trabalhar sob pressão   |   |         |   |                  |            |   |                  |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |
|                                                | Mentalidade sustentável               |   |         |   |                  |            |   |                  |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |
|                                                | Conformidade                          |   |         |   |                  | 4          |   |                  |   |   |   |   | 1 | 0 | 1 |
| Número de competências associadas às barreiras |                                       | 2 | 7       | 2 | 6                | 12         | 3 | 4                | 4 | 3 | 3 | 3 |   |   |   |