



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**BRENO FACUNDO PORTELA**

**ESTUDO DA INSERÇÃO DA INTERNET DAS COISAS (IoT) NA CONSTRUÇÃO  
CIVIL NO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2026**

BRENO FACUNDO PORTELA

ESTUDO DA INSERÇÃO DA INTERNET DAS COISAS (IoT) NA CONSTRUÇÃO CIVIL  
NO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini.

FORTALEZA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P877e Portela, Breno Facundo.  
Estudo da inserção da internet das coisas (IoT) na construção civil no Ceará / Breno Facundo Portela. – 2026.  
65 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2026.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini.

1. Construção civil. 2. Internet das coisas. 3. IoT. 4. Tecnologia. 5. Ceará. I. Título.

CDD 620

---

BRENO FACUNDO PORTELA

ESTUDO DA INSERÇÃO DA INTERNET DAS COISAS (IoT) NA CONSTRUÇÃO CIVIL  
NO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 09/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Me. Aldo de Almeida Oliveira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Renata Mendes Luna  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Marisete Dantas de Aquino  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Ricardo e Aline.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, pela vida e por ter me dado forças e saúde para superar os obstáculos encontrados ao longo desta jornada acadêmica.

Aos meus pais, Ricardo Portela e Aline Portela e aos meus avós, José Ximenes, Maria Noeme e Sônia Maria, pelo amor incondicional, pelo incentivo constante e por terem acreditado no meu potencial. Vocês são a base de tudo o que sou e conquistei.

À minha namorada, Tatiane Martins, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo apoio emocional inestimável.

Ao meu orientador, Prof. Alexandre Bertini, pela paciência, pela excelente orientação e por compartilhar seu conhecimento, guiando-me com sabedoria na elaboração deste trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora Aldo de Almeida, Marisete Dantas e Renata Mendes pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas de turma, em especial Gabriel Holanda, José Levi, Francisco Thyago, Matheus Vieira e Francisco Wether pelas amizades sinceras e muito valiosas, sempre unidos dentro e fora do meio acadêmico.

À colega de trabalho Brena Andressa, por todo o incentivo, pela paciência e pelas palavras de ânimo nos momentos de exaustão.

Por fim, a todos que me acompanharam e contribuíram na realização deste Projeto de Graduação.

“A Internet das Coisas tem o potencial de mudar o mundo, assim como a internet mudou. Talvez até mais.” (ASHTON, 2009).

## RESUMO

A construção civil no Brasil, embora seja um setor estratégico para a economia, apresenta defasagens significativas quanto à adoção de tecnologias digitais. Nesse cenário, a Internet das Coisas (IoT) surge como uma alternativa promissora para a modernização do setor, permitindo o monitoramento em tempo real, a automação de processos e a integração de sistemas. Este trabalho tem como objetivo investigar o uso da IoT na construção civil no estado do Ceará, analisando seus principais dispositivos, custos, áreas de aplicabilidade e desafios de implementação. A metodologia adotada inclui aplicação de questionário junto a profissionais de construtoras locais, buscando dados sobre experiências reais com a tecnologia. Os resultados esperados incluem a identificação dos setores mais beneficiados pela IoT, a análise da viabilidade de sua inserção em obras regionais e a compreensão dos obstáculos enfrentados. A pesquisa visa contribuir para a discussão sobre inovação tecnológica na construção civil cearense, oferecendo subsídios técnicos e estratégicos para sua modernização.

**Palavras-chave:** Construção civil; Internet das Coisas; IoT; Tecnologia; Ceará.

## ABSTRACT

Although the construction industry in Brazil is a strategic sector for the economy, it shows significant lags regarding the adoption of digital technologies. In this context, the Internet of Things (IoT) emerges as a promising alternative for the modernization of the sector, allowing for real-time monitoring, process automation, and systems integration. This study aims to investigate the use of IoT in civil construction in the state of Ceará, analyzing its main devices, costs, areas of application, and implementation challenges. The methodology adopted includes the administration of a questionnaire to professionals from local construction companies, seeking data on real-world experiences with the technology. The expected results include the identification of the sectors most benefited by IoT, an analysis of the feasibility of its implementation in regional projects, and an understanding of the obstacles faced. The research aims to contribute to the discussion on technological innovation in the construction industry in Ceará, offering technical and strategic insights for its modernization.

**Keywords:** Civil construction, Internet of Things, IoT, Technology, Ceará.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Categorização de Machine Learning.....	19
Figura 2: Identificação do entrevistado. ....	25
Figura 3: Identificação do entrevistado. ....	25
Figura 4: Perfil da empresa.....	26
Figura 5: Conhecimento e percepção sobre IoT. ....	27
Figura 6: Aplicação de IoT na empresa. ....	28
Figura 7: Perguntas voltadas para empresas que não utilizam/planejaram utilizar soluções com IoT.....	28
Figura 8: Perguntas voltadas para empresas que não utilizam/planejaram utilizar soluções com IoT.....	29
Figura 9: Perguntas voltadas para empresas que não utilizam/planejaram utilizar soluções com IoT.....	29
Figura 10: Possíveis resultados do uso de IoT.....	30
Figura 11: Possíveis resultados do uso de IoT.....	30
Figura 12: Resultados do uso de IoT. ....	31
Figura 13: Resultados do uso de IoT. ....	32
Figura 14: Resultados do uso de IoT. ....	32
Figura 15: Resultados do uso de IoT. ....	33
Figura 16: Resultados do uso de IoT. ....	33
Figura 17: Resultados do uso de IoT. ....	34
Figura 18: Desafios para implementação de IoT. ....	35
Figura 19: Desafios para implementação de IoT. ....	36
Figura 20: Futuro e expectativas. ....	37
Figura 21: Futuro e expectativas. ....	37
Figura 22: Fluxograma metodológico. ....	38

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Frequência de cargos e funções.....	39
Gráfico 2: Tempo de atuação na empresa.....	40
Gráfico 3: Distribuição da formação acadêmica dos entrevistados.....	40
Gráfico 4: Áreas de atuação das empresas. ....	41
Gráfico 5: Porte das empresas. ....	42
Gráfico 6: Nível de conhecimento sobre IoT.....	43
Gráfico 7: Nível de adoção de IoT.....	44
Gráfico 8: Comparativo de empresas que utilizam IoT levando em conta seus portes. ....	44
Gráfico 9: Adoção de IoT em empresas de porte grande.....	45
Gráfico 10: Adoção de IoT em empresas de porte médio I. ....	45
Gráfico 11: Adoção de IoT em empresas de porte médio II. ....	46
Gráfico 12: Adoção de IoT em empresas de porte pequeno. ....	46
Gráfico 13: Maiores desafios para implantação de IoT para empresas que já utilizam essa tecnologia. ....	47
Gráfico 14: Maiores desafios para implantação de IoT para empresas que não utilizam essa tecnologia. ....	48
Gráfico 15: Nível de resistência cultural nas empresas que utilizam IoT. ....	49
Gráfico 16: Dificuldade de implantação de internet em empresas que utilizam IoT.....	50
Gráfico 17: Dificuldade de utilização de IoT em empresas que utilizam essa tecnologia. ....	51
Gráfico 18: Custo de implantação em empresas que utilizam IoT. ....	52
Gráfico 19: Nível de retorno financeiro em empresas que utilizam IoT. ....	53
Gráfico 20: Nível de satisfação com a tecnologia. ....	53
Gráfico 21: Comparativo entre áreas aplicadas pelas empresas com IoT e áreas que as empresas que não utilizam a tecnologia creem que seria mais vantajoso utilizar. ...	54
Gráfico 22: Comparação entre frequência de uso real de equipamentos e intenção de uso por empresas que não possuem IoT. ....	56
Gráfico 23: Serviços terceirizados em empresas que utilizam IoT.....	57
Gráfico 24: Serviços terceirizados em empresas que não utilizam IoT.....	58
Gráfico 25: Comparativo entre vantagens reais e vantagens esperadas com o uso de IoT. ....	59
Gráfico 26: Nível de automação de processos.....	60
Gráfico 27: Capacidade de revolução da tecnologia. ....	61
Gráfico 28: Fatores que ampliariam a utilização de IoT. ....	62
Gráfico 29: Intenção de expansão do uso de IoT.....	62
Gráfico 30: Diferencial de profissionais com domínio da tecnologia no mercado de trabalho. ....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CPSs	<i>Cyber-Physical Systems</i>
IA	Inteligência Artificial
IoT	<i>Internet of Things</i>
PIB	Produto Interno Bruto
QoS	<i>Quality of Service</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
VR	<i>Virtual Reality</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>17</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>17</i>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>Mapeamento do nível de adoção da tecnologia no Ceará .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Principais obstáculos enfrentados na implementação da tecnologia .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3</b>	<b>Investigação dos principais dispositivos e sistemas baseados em IoT utilizados na construção civil .....</b>	<b>54</b>
<b>4.4</b>	<b>Percepções das empresas.....</b>	<b>59</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise das expectativas futuras do setor em relação à IoT .....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos principais setores da economia do Brasil, representando uma grande parcela do Produto Interno Bruto (PIB) do país, além de ser responsável pela geração de vários empregos. Apesar disso, esse setor ainda precisa melhorar bastante, principalmente no quesito de inovação tecnológica, pois possui desafios como baixa produtividade, desperdício de materiais, atraso em cronogramas e falha de comunicação entre etapas construtivas. Nesse sentido, com o avanço tecnológico atual no contexto da Indústria 4.0 e com a ascensão de tecnologias como a Internet das Coisas, surgem novas oportunidades para uma evolução tecnológica de todo o setor.

Assim, segundo Dave *et al.* (2015) grande parcela dos processos construtivos é feita de maneira artesanal, sem muitos padrões pré-definidos. Na maioria dos projetos de construção, cada parte interessada na construção utiliza seu próprio sistema e tecnologias que, juntamente com a natureza fragmentada da cadeia de suprimentos da construção, forma ilhas de informação e conhecimento em toda a indústria. Outro grande problema que vem surgindo no setor da construção civil é o envelhecimento em massa da mão de obra, visto que a população jovem não se interessa por trabalhos desse tipo, uma vez que são trabalhos árduos, cansativos, perigosos e com baixos salários, o que resulta em uma mão de obra envelhecida e resistente à implantação de mecanismos de automatização e tecnologias inteligentes.

Nesse sentido, a Internet das Coisas surge como uma possível solução para esses problemas, podendo ser compreendida como a integração de sensores, dispositivos inteligentes e sistemas conectados à internet que possibilitam o monitoramento e o controle de processos em tempo real. O termo “*Internet of Things* (IoT) vem do inglês e é traduzido como Internet das Coisas, é baseado na Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), que usa a infraestrutura da internet para conectar máquinas e objetos com sensores inteligentes e softwares.” (Simão *et al.*, 2019). No contexto da IoT, segundo Atzori, Iera e Morabito (2010), existe a presença onipresente nos arredores de uma variedade de coisas ou objetos, como etiquetas de Identificação por Rádio Frequência (RFID), sensores, atuadores, telefones móveis etc. que, através de esquemas de endereçamento únicos, tem a capacidade de interagir uns com os outros e cooperar com seus vizinhos para alcançar objetivos comuns.

Assim, na construção civil, a IoT pode ser utilizada para funções como rastrear materiais, monitorar equipamentos, controlar a segurança nos canteiros de obras, para medições ambientais como temperatura, umidade e ruído, gestão de energia e até para acompanhar a

produtividade da mão de obra. No entanto, apesar de suas vantagens e benefícios em potencial, a utilização dessa tecnologia ainda é incipiente no Brasil, especialmente em regiões fora dos grandes centros do país, como o estado do Ceará.

## **1.1 OBJETIVOS**

### ***1.1.1 Objetivo geral***

Analisar o panorama de adoção de Internet das Coisas (IoT) na construção civil no Ceará, identificando aplicações, benefícios percebidos, desafios de implementação e perspectivas futuras.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

- Mapear o nível de adoção da tecnologia no Ceará;
- Levantar os principais obstáculos enfrentados pelas empresas na implementação dessa tecnologia;
- Investigar os principais dispositivos e sistemas baseados em IoT utilizados na construção civil;
- Analisar as percepções das empresas quanto ao uso de IoT;
- Avaliar as expectativas futuras do setor em relação à IoT.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Internet das Coisas (IoT) consiste na correlação entre objetos e equipamentos com a internet, com obtenção e envio de dados em tempo real. Esses dispositivos são equipados com sensores, atuadores e softwares que possibilitam a automação e a análise inteligente de processos (Gubbi *et al.*, 2013).

Nesse sentido, atualmente a construção civil apresenta muitos processos artesanais, sendo a implantação de IoT uma transformação muito importante nesse meio, visando às gestões mais eficientes, controladas, organizadas e seguras no âmbito da construção. Yashwanthraj T *et al* (2023) pondera que existem muitos benefícios quando se utiliza IoT, para planejamento e agendamento de projetos aprimorados, permitindo cronogramas mais precisos; melhora de comunicação; aumento de eficiência e produtividade com ferramentas inteligentes de gerenciamento de construção, evitando processos manuais; o autor demonstra como a *Smart Construction* está interligada com a IoT de forma a melhorar os processos ligados à construção.

Štefanič M e Stankovski V (2019) retratam que grande quantidade de aplicações inteligentes envolvem o uso de aparelhos IoT como smartphones, câmeras, sensores, atuadores, carros e até robôs, exercendo diferentes graus de autonomia operacional. Com isso, Petar Kochovski e Vlado Stankovski (2018) afirmam que alguns aplicativos necessitam de um bom suporte de rede e processamento, como coordenação e operações logísticas para robôs, método de análise de fluxo de vídeo para monitoração da infraestrutura e sinalização de segurança nos canteiros de obras. Ademais, dispositivos IoT operam com baterias e não têm um processador com a potência suficiente para seu funcionamento, desencadeando a necessidade de descarregar cálculos para micro servidores e *datacenters* próximos ao local, que possuem processadores com frequências maiores e suficientes para o equipamento, o que exige elevada infraestrutura para aplicação da tecnologia nos canteiros de obra. Além disso, a latência da rede, largura de banda, taxa de transferência da rede, tempo de ida e volta e métricas similares de *Quality of Service* (QoS) são imprescindíveis para a incidência de IoT com maior confiabilidade. Dessa forma, é possível identificar uma possível grande causa da dificuldade de implantação desse tipo de tecnologia no Brasil, devido aos obstáculos de ter todo o suporte para o bom funcionamento dos equipamentos.

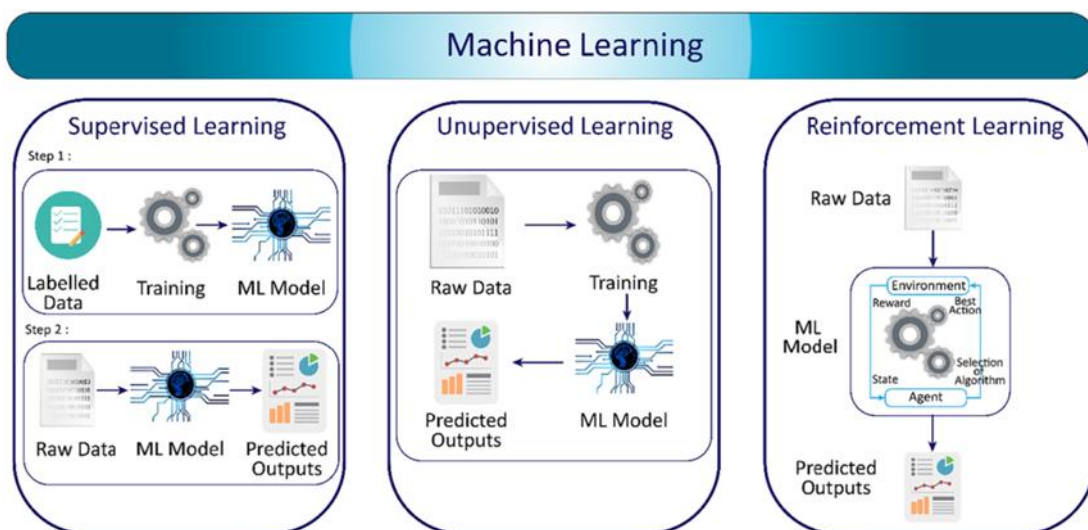
Diante dessa temática, é válido salientar que a IoT está bastante inserida na Indústria 4.0, sendo esse conceito referente à tendência de automação tecnológica e troca de dados, podendo ser aplicada à construção civil, com a incidência de sistemas ciberfísicos (CPSs), computação em nuvem e computação cognitiva. É válido salientar que segundo Kor; Yitmen;

Alizadehsalehi (2023) os CPSs são sistemas que operam com o uso de vários sensores para assimilar elementos físicos, transferindo de maneira automática os dados obtidos para componentes cibernéticos, sendo feita uma análise de dados e, em seguida, convertendo-os em informações essenciais, por meio de processos cibernéticos que auxiliam as tomadas de decisão e permitem elaborar possíveis ações a serem tomadas.

Em suma, a Indústria 4.0 evolui para automação de processos, podendo sanar problemas como ausência de mão de obra, riscos de segurança, aumento de produtividade etc. Assim, o meio tecnológico associado a essa temática é muito pertinente, Saad Alotaibi *et al.* (2024) afirma que a abordagem padrão de construção ficou ultrapassada nos quesitos qualidade, custo e pontualidade com clientes, com notória diminuição na produtividade e redução das margens de lucro no contexto da construção civil.

Apesar da facilidade envolvida nesse contexto, é necessária uma maneira eficiente de *Machine learning*, que segundo Baduge et al. (2022) “é um subcampo da inteligência artificial onde um computador observa um conjunto determinado de dados e gera um modelo com base nos dados de entrada, que pode ser usado para resolver problemas.”. Nesse contexto, a máquina usa dados existente para usar modelos preditivos para previsão de acontecimentos com base em dados já existentes, mas é nessa perspectiva que existe a dificuldade em selecionar dados realmente pertinentes para esse processo, para guiar a tecnologia da forma correta, com base no objetivo específico que é desejado atingir.

Figura 1: Categorização de Machine Learning.



Fonte: Baduge et al. (2022).

Outra área intrinsecamente ligada a IoT, é a Inteligência Artificial (IA), segundo Datta *et al.* (2024), definida como “como uma disciplina dentro da ciência da computação, a IA capacita os computadores a imitarem capacidades humanas em perceber e aprender entradas.”, sendo essa tecnologia responsável por permitir que os computadores solucionem problemas complexos e ambíguos, de forma inteligente, eficiente e adaptável para cada tipo de situação, por meio do já citado *Machine Learning*. Dessa forma além de ser integrada a IoT, ela pode também ser correlacionada com o *building information modeling* (BIM). De acordo com Zhang e Pan (2022) “Muito mais do que o simples uso de criar um modelo de edifício, o BIM, atuando como um centro de conhecimento compartilhado, fornece informações em massa em diferentes níveis de detalhe para enriquecer o modelo.”, podendo desenvolver mais funções, com um potencial de fornecer informações em níveis de detalhe distintos, enriquecendo o projeto.

Existem muitas aplicações de IoT no contexto da construção civil, Xu *et al.* (2025) retrata elas: sensores e dispositivos de medição, permitem detectar e monitorar pessoas, materiais e equipamentos, coletando fontes de dados cruciais, sendo exemplo disso equipamentos como identificação por radiofrequência (RFID), câmeras e varredura a laser; interconectividade de dados, com IoT facilitando a conectividade entre dispositivos e sensores, permitindo o compartilhamento de dados e a correlação deles por meio de diferentes tecnologias; modelagem e ambiente virtual, ao estabelecer uma interface digital BIM, as etapas de modelagem podem ser disponibilizadas por meio de realidade virtual (VR), disponibilizando experiências que permitem uma melhor compreensão dos projetos, facilitando tomadas de decisão e escolhas de métodos de execução; entre outras possíveis aplicações.

Nesse contexto, já existem equipamentos que utilizam a IoT atualmente, sendo alguns exemplos deles citados abaixo:

- Veículos rastreados com GPS: o uso de GPS e aplicativos para acompanhamento das rotas da frota de caminhões que destinam materiais para os canteiros é extremamente útil, pois informam rotas, localização em tempo real, tempo de chegada, permitindo os funcionários se prepararem antecipadamente para a chegada dos veículos abastecidos;
- Sensores de qualidade de concreto: sensores que monitoram a temperatura do material, com melhor controle da cura do concreto, sendo possível medir variações de temperatura, fornecendo informações cruciais de possíveis patologias, de forma a evitá-las;
- Sensor de qualidade da alvenaria: existem equipamentos que medem desde o

prumo e o esquadro das alvenarias, até equipamentos que medem os níveis de umidade na parede, indicando possíveis locais de infiltração;

- Sensores de deformação de estruturas: avaliam deformações das edificações de forma a verificar se elas estão dentro do limite aceitável considerado na elaboração do projeto;
- Sensores de corrosão de armadura: indicam os graus de oxidação das armaduras, sendo possível identificar as gravidades dos problemas e permitem a elaboração de melhores soluções;
- Sensores de peso em caçambas de caminhão: permitem a pesagem do material recebido, para verificar se corresponde à quantidade de material comprado;
- Capacetes inteligentes: equipado com muitos sensores que medem batimentos cardíacos, temperatura, impactos e possuem GPS;
- Realidade aumentada: por meio de celulares e tablets é possível simular a estrutura que vai ser construída no ambiente real, permitindo elaboração de melhores estratégias de processos e métodos construtivos, por meio de projetos sobrepostos ao ambiente real;
- Betoneiras inteligentes: permite monitorar as rotações do equipamento, cronometragem de tempo de rotação e medição de características físicas do material, tornando o processo mais refinado e criterioso.

A implementação da Internet das Coisas na construção civil não se resume apenas à aquisição de hardware e sensores. A literatura geral de gestão da tecnologia e engenharia aponta que o sucesso dessa adoção depende de fatores sistêmicos, como a interoperabilidade entre sistemas, a aceitação comportamental dos usuários e a segurança da infraestrutura de dados.

Dessa forma, no contexto tecnológico da construção civil, um dos maiores entraves para a digitalização plena da desse setor é a fragmentação da informação. Diferente de indústrias de manufatura seriada, a construção opera com diversos agentes (projetistas, empreiteiros, fornecedores) que muitas vezes utilizam softwares e hardwares proprietários que não se comunicam entre si. Eastman *et al.* (2014) definem a interoperabilidade como a capacidade de gerenciar e comunicar dados eletrônicos entre sistemas distintos de forma colaborativa, sendo isso extremamente essencial para uma maior aplicabilidade tecnológica nesse meio. Nesse cenário, os dados coletados por um sensor ficam isolados em plataformas específicas, impedindo uma visão holística do canteiro e gerando retrabalho na consolidação dessas informações, dando origem ao que se chama de “Ilhas de informação”. A falta de protocolos de

comunicação padronizados obriga as empresas a dependerem de fornecedores específicos, elevando os custos de integração e dificultando a escalabilidade das soluções tecnológicas.

No caso da resistência cultural, frequentemente citada como barreira à inovação na engenharia, pode ser compreendida através de teorias comportamentais consagradas. O modelo mais amplamente utilizado para explicar por que usuários aceitam ou rejeitam uma nova ferramenta é o *Technology Acceptance Model* (TAM), proposto por Davis (1989). Segundo Davis (1989), a aceitação de uma tecnologia é determinada por duas variáveis cognitivas principais, sendo elas a Utilidade Percebida (*Perceived Usefulness*), consistindo no grau em que o usuário acredita que o uso daquela tecnologia melhorará seu desempenho no trabalho e Facilidade de Uso Percebida (*Perceived Ease of Use*), representando o grau em que o usuário acredita que o uso da tecnologia será livre de esforço físico ou mental.

Dessa forma, no contexto da construção civil, se os profissionais de campo perceberem a IoT apenas como uma ferramenta de controle/vigilância (baixa utilidade para o trabalhador) ou se os dispositivos forem complexos de operar (baixa facilidade de uso), a tendência natural é a rejeição ou o uso inadequado da ferramenta, independentemente de sua sofisticação técnica.

### 3 METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica da literatura para uma análise mais apurada do uso de IoT na construção civil. Foram utilizados critérios de busca com inclusão e exclusão, utilizando bases como *Google Scholar*, Portal de Periódicos da CAPES e *Science Direct* para se obter um apanhado geral do que existe acerca de temas relacionados a IoT na construção civil.

Foi utilizada uma pesquisa por meio de questionários realizados via *Google Forms*, de acordo com os objetivos deste projeto de graduação, enviados diretamente para as construtoras, obtendo dados com engenheiros, técnicos, gestores ou estagiários. Dessa forma, é possível saber os equipamentos mais utilizados, como eles funcionam, os setores do canteiro que são mais beneficiados, além de investigar as principais adversidades de implantação da tecnologia, e entender a eficiência de processos.

Nesse sentido, trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva. Sendo exploratória por buscar maiores informações sobre o tema no contexto regional cearense. Além disso, é descritiva por descrever, registrar e analisar as características do nível de adoção de Internet das Coisas no Ceará, buscando mapear o “estado da arte” no estado.

A metodologia mescla a pesquisa bibliográfica com uma pesquisa de levantamento (*survey*), que consiste em uma investigação quantitativa sistemática que coleta dados de um grupo representativo de pessoas por meio de questionários para entender características, opiniões e comportamentos sobre um fenômeno. Dessa forma, a pesquisa bibliográfica complementou o formulário executado, sendo essencial para a construção do referencial teórico, por meio da consulta de diversos artigos científicos, livros e teses que envolvem temas relacionados a IoT, para se ter um panorama literário dessa temática.

Para o levantamento de dados, foi feito o questionário, coletando dados primários para levantamento do panorama da inserção de IoT na construção civil no Ceará.

Foi feita uma abordagem quantitativa com perguntas fechadas visando ao aumento da adesão de pessoas para responderem o questionário. As perguntas feitas variaram entre múltipla escolha, escalas tipo *Likert* e *checklists*. Por meio dessa abordagem é possível a mensuração, análise dos dados e apresentação deles em forma de gráficos, percentuais etc., sendo aplicável para definir o panorama proposto no tema. O questionário também possui uma parcela de abordagem qualitativa, por meio de espaços abertos para escritas, que podem ser preenchidos opcionalmente caso o entrevistado queira detalhar algo em relação às suas respostas.

O universo da pesquisa é composto por profissionais inseridos no contexto da

construção civil, que atuam em construtoras, podendo ser engenheiros, técnicos, gestores, estagiários ou algum colaborador relacionado à área da engenharia da construtora.

Definir uma amostra probabilística deste universo seria inviável por conta da dificuldade em se obter uma lista completa e atualizada de todas as construtoras do estado do Ceará, além do fato de o universo ser extremamente grande e sem um dado preciso sobre sua dimensão, o que acarretaria uma amostra grande ao ponto de não ser possível ter a adesão que cobrisse ela totalmente para um intervalo de confiança extremamente eficiente, além do fato de se ter pouco período efetivo para produção do projeto de graduação. Nesse sentido, foram selecionados participantes com base em sua acessibilidade e disponibilidade.

Dessa forma, optou-se por uma amostra não-probabilística por conveniência. Os dados foram coletados de participantes que se voluntariaram para responder ao questionário, sendo acessados por meios digitais.

Como o tema IoT na construção civil ainda é emergente, o objetivo do trabalho é traçar um “panorama” (entender o cenário), e não fazer um censo demográfico exato. Como a pesquisa se trata de um Projeto de Graduação, a conveniência permite coletar dados rapidamente sem custos de deslocamento para o interior do estado ou compra de bancos de dados.

Ressalta-se que, devido ao método de amostragem, os resultados aqui apresentados refletem as opiniões do grupo estudado e não podem ser generalizados estatisticamente para toda a indústria da construção civil do Ceará, servindo, no entanto, como indicativos relevantes de tendências do setor.

Com isso, foram obtidas 35 respostas nos formulários, em 35 construtoras diferentes.

O questionário foi divulgado em vários grupos por meios digitais de construtoras do Ceará, pessoalmente em obras e por meio de *networking* do âmbito da construção civil.

O questionário foi dividido em duas vertentes, uma para empresas que já tiveram contato com IoT e outra para empresas que nunca tiveram contato com esse tipo de tecnologia, visando à obtenção de respostas pertinentes, independentemente se utiliza ou não IoT.

A primeira seção do questionário consiste na identificação do entrevistado, objetivando caracterizar a amostra, coletando dados profissionais conforme a imagem abaixo:

Figura 2: Identificação do entrevistado.

Seção 2 de 10

Identificação do entrevistado

Descrição (opcional)

Nome \*

Texto de resposta curta

Cargo/Função \*

Texto de resposta curta

Tempo de atuação na empresa \*

Até 1 ano

1-3 anos

4-6 anos

mais de 6 anos

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 3: Identificação do entrevistado.

Formação acadêmica \*

Técnico

Graduação

Pós Graduação

Outro: \_\_\_\_\_

Fonte: elaborado pelo autor.

A segunda seção do questionário consiste no perfil da empresa do entrevistado, buscando obter dados das áreas de atuação das empresas e seus portes, conforme a figura abaixo:

Figura 4: Perfil da empresa.

Seção 3 de 10

Perfil da empresa

Descrição (opcional)

Nome da empresa \*

Texto de resposta curta

Principal área de atuação da empresa \*

Residencial

Comercial

Industrial

Obras públicas

Topografia

Terraplenagem

Outro: \_\_\_\_\_

Porte da empresa \*

Pequeno (Faturamento anual entre R\$ 360 mil e R\$ 4,8 milhões)

Médio I (Faturamento anual entre R\$ 4,8 milhões e R\$ 90 milhões)

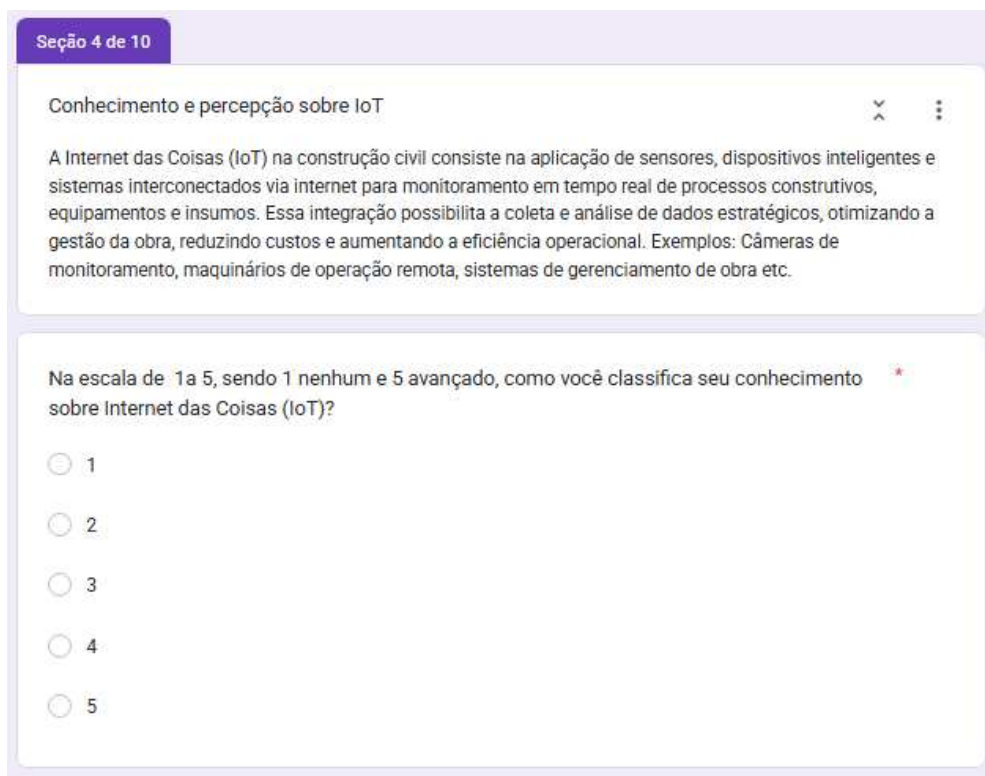
Médio II (Faturamento anual entre R\$ 90 milhões e R\$ 300 milhões)

Grande (Faturamento anual acima de R\$ 300 milhões)

Fonte: elaborado pelo autor.

A terceira seção do questionário consiste no conhecimento e percepção do entrevistado sobre IoT, visando ao diagnóstico da familiaridade dos entrevistados com a área. Para facilitar o entendimento do entrevistado em caso de pouco conhecimento da área, foi disponibilizada uma breve definição do conceito de IoT no formulário, conforme a figura abaixo:

Figura 5: Conhecimento e percepção sobre IoT.



Seção 4 de 10

Conhecimento e percepção sobre IoT

A Internet das Coisas (IoT) na construção civil consiste na aplicação de sensores, dispositivos inteligentes e sistemas interconectados via internet para monitoramento em tempo real de processos construtivos, equipamentos e insumos. Essa integração possibilita a coleta e análise de dados estratégicos, otimizando a gestão da obra, reduzindo custos e aumentando a eficiência operacional. Exemplos: Câmeras de monitoramento, maquinários de operação remota, sistemas de gerenciamento de obra etc.

Na escala de 1 a 5, sendo 1 nenhum e 5 avançado, como você classifica seu conhecimento sobre Internet das Coisas (IoT)? \*

1

2

3

4

5

Fonte: elaborado pelo autor.

Na etapa seguinte é definido o segmento do restante do formulário, pois a depender da resposta do entrevistado, as seções seguintes diferem. Isso foi feito para o formulário ser pertinente tanto para empresas que utilizam esse tipo de tecnologia, quanto para empresas que não utilizam.

Nas opções “Sim, utilizamos em obras passadas” e “Sim, estamos utilizando atualmente”, o formulário direciona o entrevistado para perguntas focadas em experiências que somente empresas que já tiveram contato com a tecnologia conseguem responder. Já nas opções “Sim, planejamos utilizar futuramente” e “Não”, o formulário direciona o entrevistado para perguntas que não exigem que a empresa tenha tido contato direto com a tecnologia. A figura abaixo representa essa seção chamada “Aplicação de IoT na empresa”.

Figura 6: Aplicação de IoT na empresa.

Seção 5 de 10

Aplicação de IoT na Empresa

Descrição (opcional)

A empresa já utiliza, utilizou ou planeja utilizar algum tipo de solução com IoT? \*

Sim, utilizamos em obras passadas

Sim, estamos utilizando atualmente

Sim, planejamos utilizar futuramente

Não

Fonte: elaborado pelo autor.

Tomando primeiramente o direcionamento de perguntas para empresas que não tiveram contato com IoT, temos a seção seguinte cujo nome é “Perguntas voltadas para empresas que não utilizam/planejamos utilizar soluções com IoT”, focada em identificar quais soluções específicas de IoT estas empresas utilizariam. As figuras abaixo representam essa seção:

Figura 7: Perguntas voltadas para empresas que não utilizam/planejamos utilizar soluções com IoT.

Seção 6 de 10

Perguntas voltadas para empresas que não utilizam/planejamos utilizar soluções com IoT

Descrição (opcional)

Em quais áreas você acha que seria mais vantajoso utilizar IoT? \*

Planejamento de obra

Gestão de obra

Cronograma de obra

Acompanhamento de entregas de material por meio de GPS

Monitoramento de estoque

Monitoramento de equipamentos

Monitoramento de produtividade

Monitoramento de qualidade de serviço

Controle da segurança no canteiro

Coleta de dados diversos para análise

Redução de desperdícios

Outro: \_\_\_\_\_

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 8: Perguntas voltadas para empresas que não utilizam/planejamos utilizar soluções com IoT.

A empresa tem costume de contratar serviços terceirizados que utilizam IoT? (Ex.: Empresas \*  
terceirizadas de topografia com georreferenciamento)

Sim

Não

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 9: Perguntas voltadas para empresas que não utilizam/planejamos utilizar soluções com IoT.

Quais soluções você utilizaria na empresa? \*

Sensores inteligentes de monitoramento de estruturas

Drones para mapeamento de áreas e fiscalização de projetos

Wearables (Dispositivos vestíveis para acompanhamento da saúde dos trabalhadores, acoplados nos E...)

RFID (Radiofrequência) - Rastreo de materiais e equipamentos

Sensores em máquinas e equipamentos (Monitoramento de uso, localização e condições de máquinas)

Sensores de monitoramento do concreto (Resistência, consistência, etc.)

Sistemas de gerenciamento de obra

Sistemas de controle de acesso (Gerencia entrada e saída e pessoas no canteiro)

Câmeras de monitoramento

Sensores para controle ambiental (Monitoram temperatura, qualidade do ar, etc.)

Rastreadores de veículos

Maquinários com operação remota (Escavadeira, grua, munck, etc.)

Nenhuma

Outro: .....

Espaço opcional destinado para algum detalhamento não contemplado anteriormente

Texto de resposta longa

Fonte: elaborado pelo autor.

Na seção seguinte, tem-se uma continuação das perguntas voltadas para empresas que não utilizam IoT, focada em possíveis resultados. As figuras abaixo ilustram essa seção:

Figura 10: Possíveis resultados do uso de IoT.

Seção 7 de 10

Possíveis resultados do uso de IoT

Descrição (opcional)

Na sua visão, quais as vantagens que poderiam ser obtidas com o uso de IoT? \*

- Redução de custos a longo prazo
- Ganho de produtividade
- Maior segurança nos canteiros
- Redução de desperdícios
- Ganho de eficiência em processos
- Automação de processos
- Maior facilidade na gestão da obra
- Monitoramento de processos em tempo real
- Nenhuma
- Outro: .....

Na sua opinião, quais são os maiores desafios para implantação de IoT que levaram a empresa a não adotar esses tipos de soluções? \*

- Custo
- Resistência cultural
- Falta de infraestrutura
- Falta de mão de obra qualificada
- Falta de padronização
- Dificuldade de utilização
- Incompatibilidade entre dispositivos
- Outro: .....

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 11: Possíveis resultados do uso de IoT.

⋮

Espaço opcional destinados a possíveis colocações adicionais

Texto de resposta longa

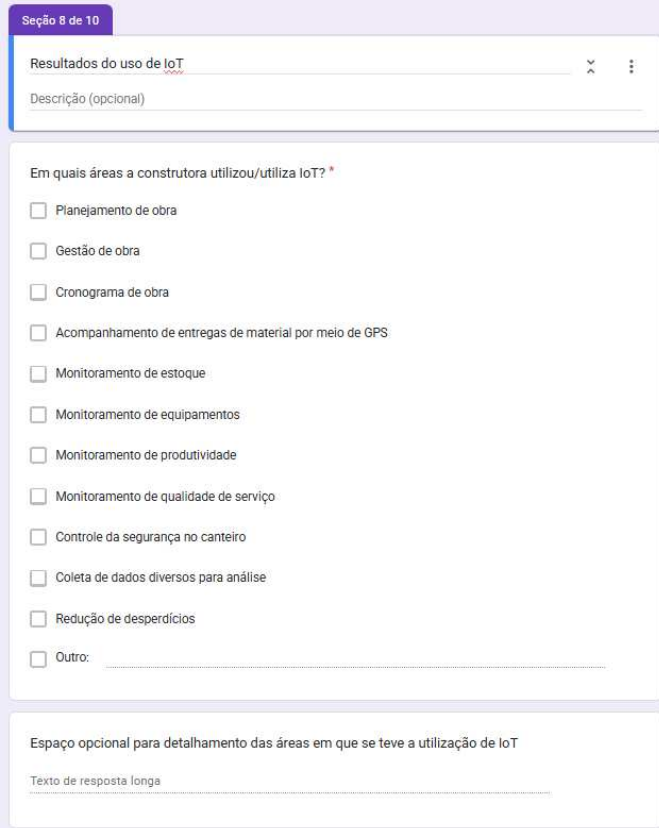
.....

Fonte: elaborado pelo autor.

Após essas seções específicas para esse grupo de entrevistados, existem as seções finais que são aplicadas para todos os entrevistados e serão expostas posteriormente.

Nesse sentido, tomando o direcionamento de perguntas para empresas que já tiveram contato com IoT, temos a seção seguinte, após a seção “Aplicação de IoT na empresa” já ilustrada anteriormente, chamada “Resultados do uso de IoT”. Nessa seção, buscou-se quantificar a percepção dos profissionais sobre os impactos positivos da IoT, solicitando que avaliassem (em escala de 1 a 5) a contribuição da tecnologia, além de identificar as principais áreas com aplicação e as principais soluções utilizadas. As figuras abaixo ilustram a seção:

Figura 12: Resultados do uso de IoT.



The image shows a digital survey form with a purple header bar that reads "Seção 8 de 10". The main title of the form is "Resultados do uso de IoT". Below the title is a text input field labeled "Descrição (opcional)". The primary question is "Em quais áreas a construtora utilizou/utiliza IoT? \*". This question is followed by a list of ten options, each with an unchecked checkbox: "Planejamento de obra", "Gestão de obra", "Cronograma de obra", "Acompanhamento de entregas de material por meio de GPS", "Monitoramento de estoque", "Monitoramento de equipamentos", "Monitoramento de produtividade", "Monitoramento de qualidade de serviço", "Controle da segurança no canteiro", and "Coleta de dados diversos para análise". There is also an "Outro:" option with a dotted line for text entry. At the bottom of the form, there is a section titled "Espaço opcional para detalhamento das áreas em que se teve a utilização de IoT" with a "Texto de resposta longa" input field.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 13: Resultados do uso de IoT.

Quais soluções a empresa utilizou/utiliza? \*

- Sensores inteligentes de monitoramento de estruturas
- Drones para mapeamento de áreas e fiscalização de projetos
- Wearables (Dispositivos vestíveis para acompanhamento da saúde dos trabalhadores, acoplados nos E...
- RFID (Radiofrequência) - Rastreo de materiais e equipamentos
- Sensores em máquinas e equipamentos (Monitoramento de uso, localização e condições de máquinas
- Sensores de monitoramento do concreto (Resistência, consistência, etc.)
- Sistemas de gerenciamento de obra
- Sistemas de controle de acesso (Gerencia entrada e saída e pessoas no canteiro)
- Câmeras de monitoramento
- Sensores para controle ambiental (Monitoram temperatura, qualidade do ar, etc.)
- Rastreadores de veículos
- Maquinários com operação remota (Escavadeira, grua, munck, etc.)
- Outro: .....

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 14: Resultados do uso de IoT.

...

A empresa tem costume de contratar serviços terceirizados que utilizam IoT? (Ex.: Empresas de topografia com georreferenciamento) \*

- Sim
- Não

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 15: Resultados do uso de IoT.

Na sua visão, quais as vantagens que foram obtidas com o uso de IoT? \*

- Redução de custos a longo prazo
- Ganho de produtividade
- Maior segurança nos canteiros
- Redução de desperdícios
- Ganho de eficiência em processos
- Automação de processos
- Maior facilidade na gestão da obra
- Monitoramento de processos em tempo real
- Nenhuma
- Outro: \_\_\_\_\_

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 16: Resultados do uso de IoT.

Qual o nível de intensidade de automatização de processos com a inserção da IoT? Sendo 1 \*  
mínimo e 5 extremamente alto

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17: Resultados do uso de IoT.

Na sua visão, a adoção de soluções com IoT valem a pena? Sendo 1 minimamente e 5 extremamente \*

1

2

3

4

5

Fonte: elaborado pelo autor.

Na próxima seção das empresas que já tiveram contato com IoT, temos perguntas voltadas para desafios e dificuldades para adoção desse tipo de tecnologia, sendo representadas as perguntas nas figuras abaixo, na seção “Desafios para implementação de IoT”:

Figura 18: Desafios para implementação de IoT.

Seção 9 de 10

Desafios para implementação de IoT

Descrição (opcional)

Qual o nível de dificuldade da utilização de IoT? Sendo 1 desprezível e 5 extremo \*

1

2

3

4

5

Qual a dimensão do custo de implantação de IoT? Sendo 1 mínimo e 5 extremo \*

1

2

3

4

5

Qual o nível do retorno financeiro da implementação de IoT, levando em consideração seu custo de implantação? Sendo 1 mínimo e 5 extremo \*

1

2

3

4

5

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 19: Desafios para implementação de IoT.

Qual o nível de dificuldade de implantação da internet no canteiro de obras? Sendo 1 a mínima e 5 a mais elevada \*

1

2

3

4

5

Existe resistência cultural da equipe quanto à utilização de IoT? Sendo 1 ausência de resistência e 5 resistência extrema \*

1

2

3

4

5

Na sua opinião, quais são os maiores desafios para implantação de IoT? \*

Custo

Resistência cultural

Falta de infraestrutura

Falta de mão de obra qualificada

Falta de padronização

Dificuldade de utilização

Incompatibilidade entre dispositivos

Outro: .....

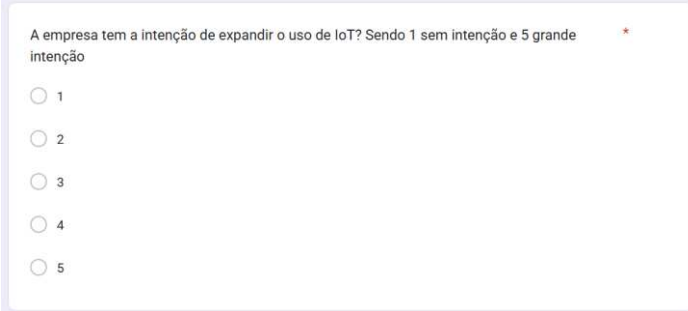
Espaço destinado a possíveis colocações adicionais

Texto de resposta longa

Fonte: elaborado pelo autor.

Na etapa final do formulário, comum aos dois segmentos dele, incidem perguntas acerca das perspectivas de futuro em relação a IoT, sendo a seção chamada “Futuro e expectativas”, sendo abaixo representada pelas figuras:

Figura 20: Futuro e expectativas.

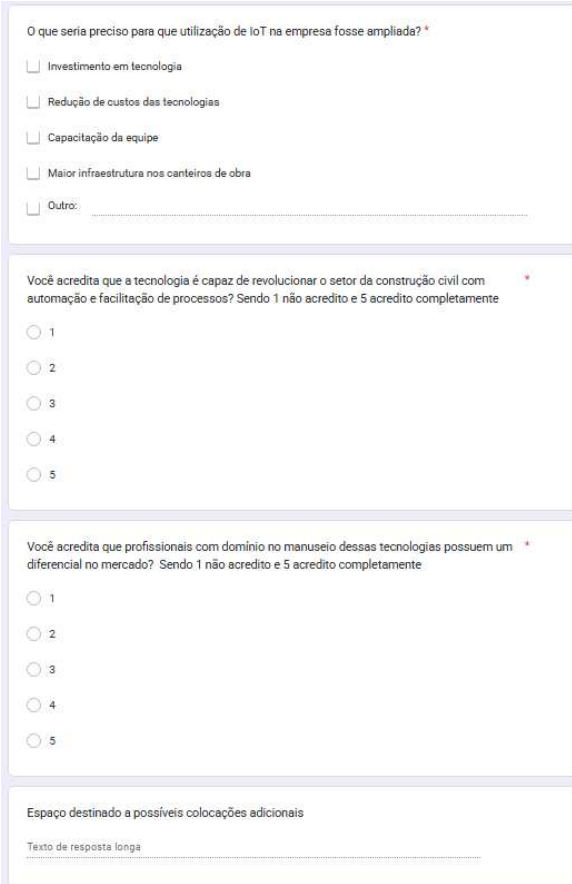


A empresa tem a intenção de expandir o uso de IoT? Sendo 1 sem intenção e 5 grande intenção \*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 21: Futuro e expectativas.



O que seria preciso para que utilização de IoT na empresa fosse ampliada? \*

- Investimento em tecnologia
- Redução de custos das tecnologias
- Capacitação da equipe
- Maior infraestrutura nos canteiros de obra
- Outro: .....

Você acredita que a tecnologia é capaz de revolucionar o setor da construção civil com automação e facilitação de processos? Sendo 1 não acredito e 5 acredito completamente \*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Você acredita que profissionais com domínio no manuseio dessas tecnologias possuem um diferencial no mercado? Sendo 1 não acredito e 5 acredito completamente \*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Espaço destinado a possíveis colocações adicionais

Texto de resposta longa

.....

Fonte: elaborado pelo autor.

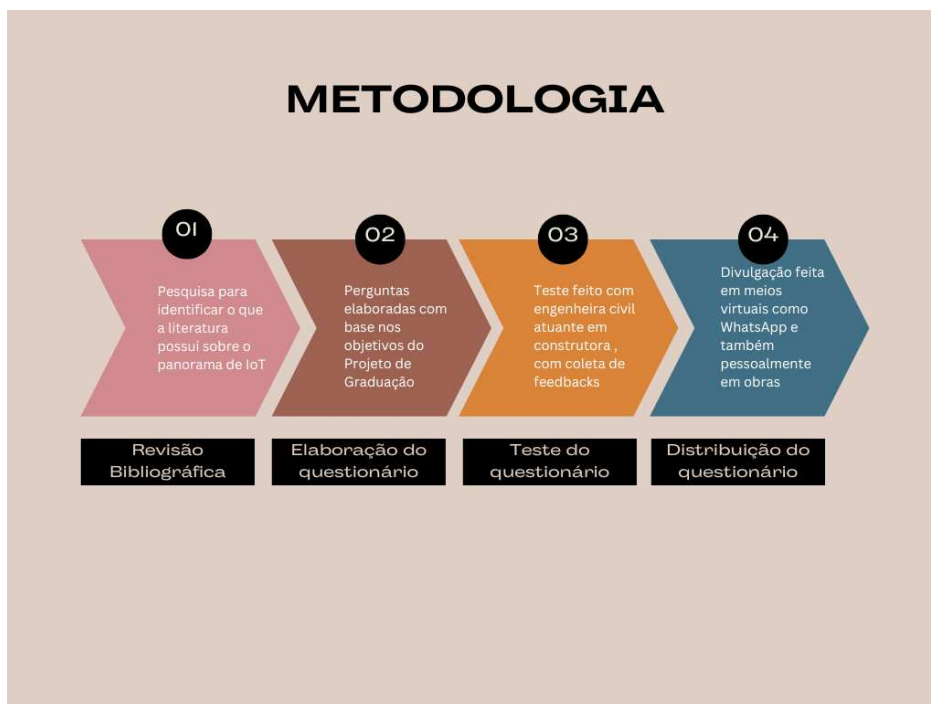
O questionário foi elaborado com base nos objetivos do Projeto de Graduação. Antes da distribuição em larga escala, foi realizado um pré-teste com um profissional da área e com o professor orientador para validar a clareza das perguntas, o tempo de resposta e a funcionalidade técnica do formulário.

O link do questionário (*Google Forms*) foi distribuído por meios digitais e divulgado pessoalmente em obras ao longo do estado. Foram utilizados canais como redes sociais profissionais, aplicativos de mensagens instantâneas (grupos de *WhatsApp* de engenharia) e e-mail direcionado a contatos do setor.

A coleta de dados permaneceu ativa durante o período de 14/10/2025 a 17/11/2025, no qual se buscou obter o maior número possível de respostas válidas.

A seguir tem-se um fluxograma ilustrando as etapas metodológicas:

Figura 22: Fluxograma metodológico.



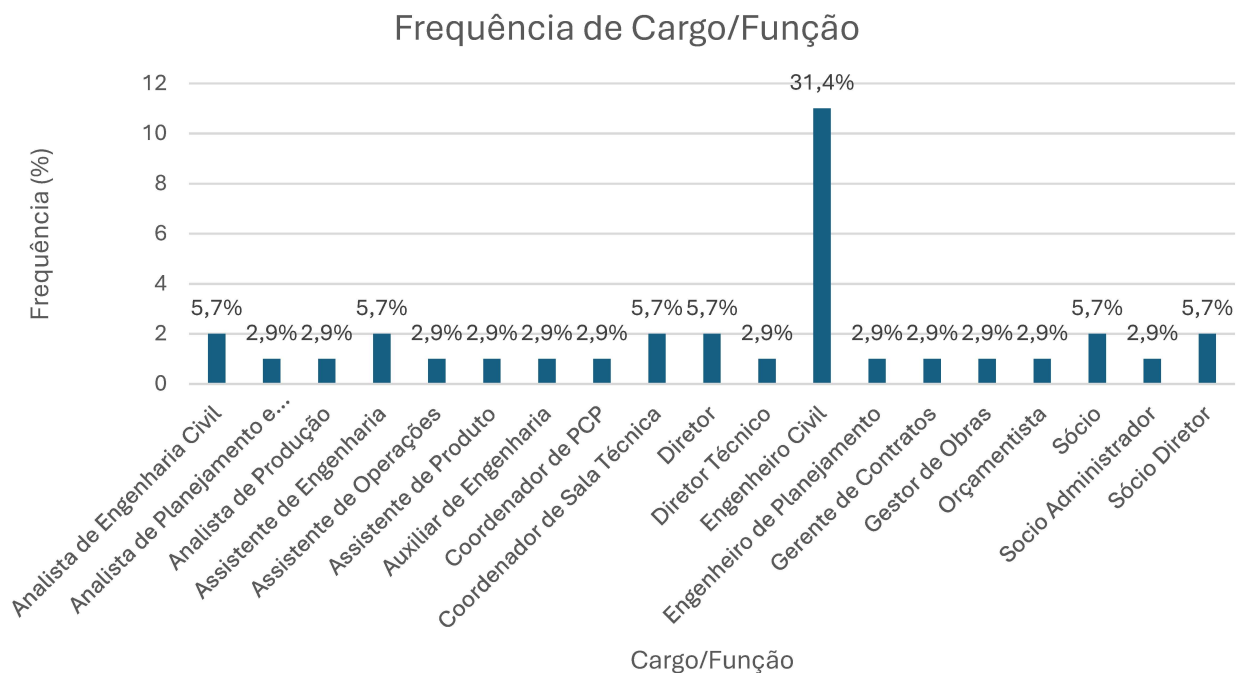
Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, foram obtidos os dados do entrevistado, como nome, cargo/função, tempo de atuação na empresa e formação acadêmica.

Em relação aos cargos, obteve-se o seguinte arranjo:

Gráfico 1: Frequência de cargos e funções.

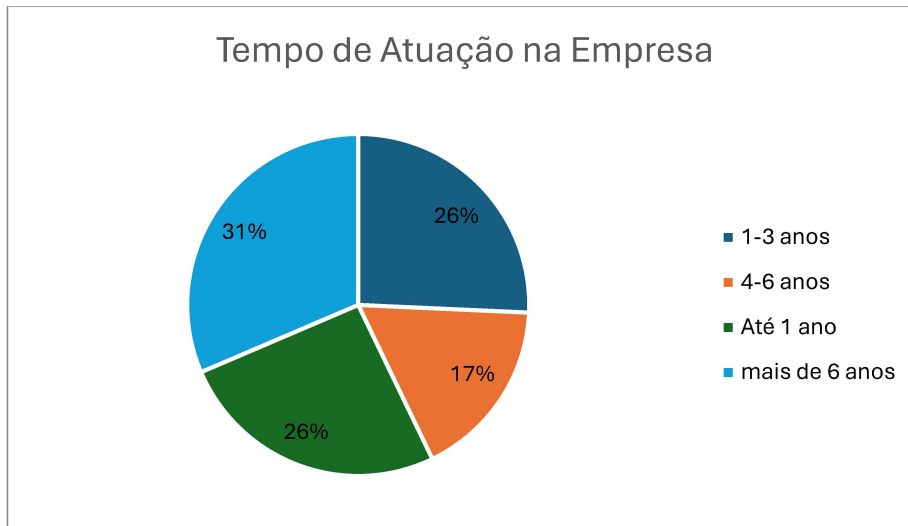


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse sentido, todo o público tem função relacionada diretamente à construção civil, sendo a grande maioria na função de engenheiro civil, com 31,4%. Cargos mais altos dentro da empresa, os quais se incluem variações de sócios e diretores somam 22,9%, o que demonstra que o formulário também alcançou pessoas que possuem um conhecimento mais aguçado sobre o panorama da empresa em relação ao tema descrito no formulário, por conhecerem todos os processos e perspectivas de futuro da empresa. Dessa forma, a maioria dos entrevistados representam pessoas tomadoras de decisões dentro da empresa, fornecendo dados mais confiáveis.

Em relação aos tempos de atuação na empresa, obteve-se o seguinte gráfico:

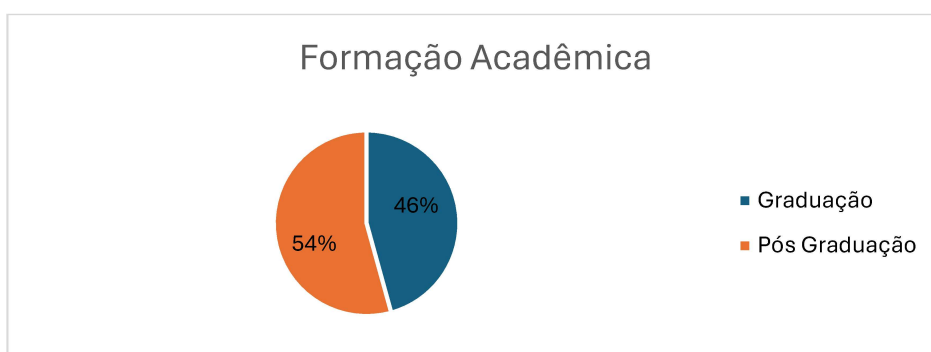
Gráfico 2: Tempo de atuação na empresa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Desse modo, um critério de análise da confiabilidade das respostas é o tempo de atuação do entrevistado na empresa, quanto maior o tempo de atuação, maior é conhecimento dele sobre a companhia de engenharia que trabalha. Nota-se um panorama bem equilibrado, com a maioria do público com tempo de atuação superior a 6 anos, possuindo 31% de frequência. Contudo, as parcelas com menores tempos de atuação (até 1 ano e entre 1 e 3 anos) também demonstraram uma porcentagem considerável, as duas somadas atingindo a marca de 52%, não sendo um cenário completamente favorável, mas não deixando de ser um dado confiável.

Gráfico 3: Distribuição da formação acadêmica dos entrevistados.

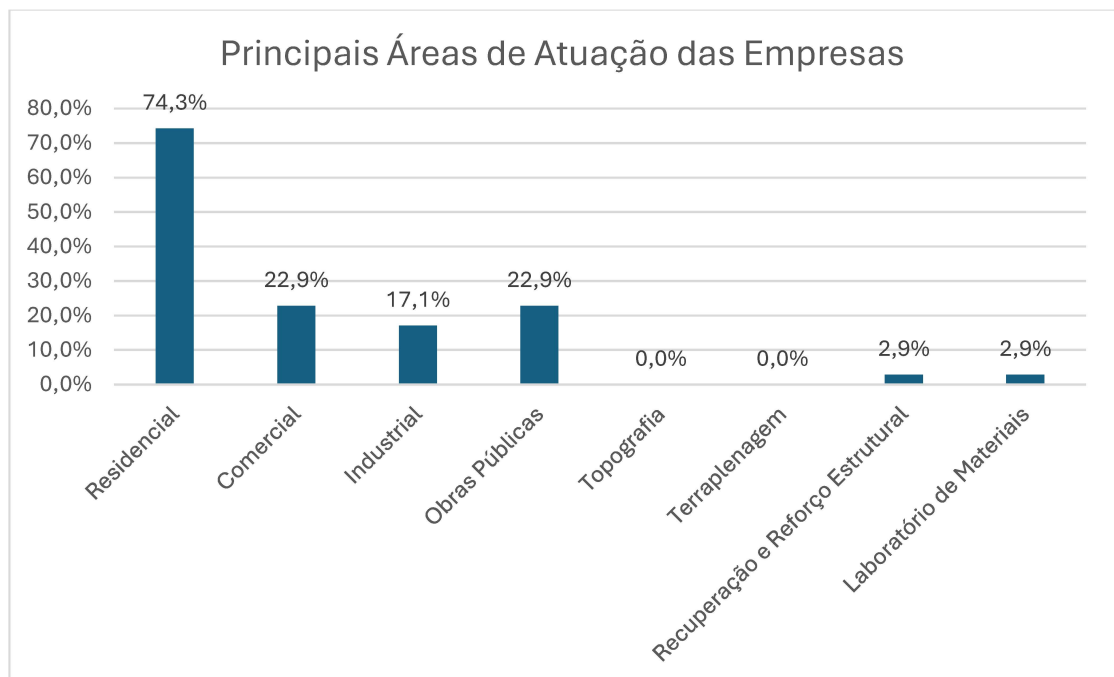


Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico acima representa a distribuição das formações acadêmicas das pessoas que responderam o formulário. Dessa forma, todo o público da pesquisa possui formação acadêmica superior, sendo a maioria dele (54%) com pós-graduação, o que demonstra que as pessoas que responderam o formulário possuem um bom aporte de conhecimento relacionado à engenharia civil, proporcionando respostas mais fundamentadas e confiáveis.

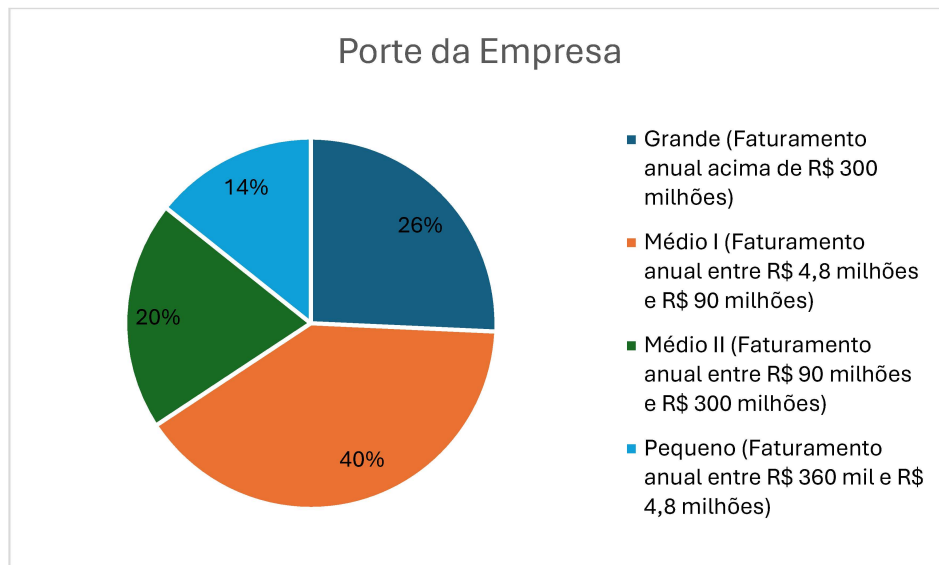
Alcançando a etapa de perfil da empresa, foram coletados dados sobre o porte e as áreas de atuação delas. Sendo os gráficos representados abaixo:

Gráfico 4: Áreas de atuação das empresas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 5: Porte das empresas.



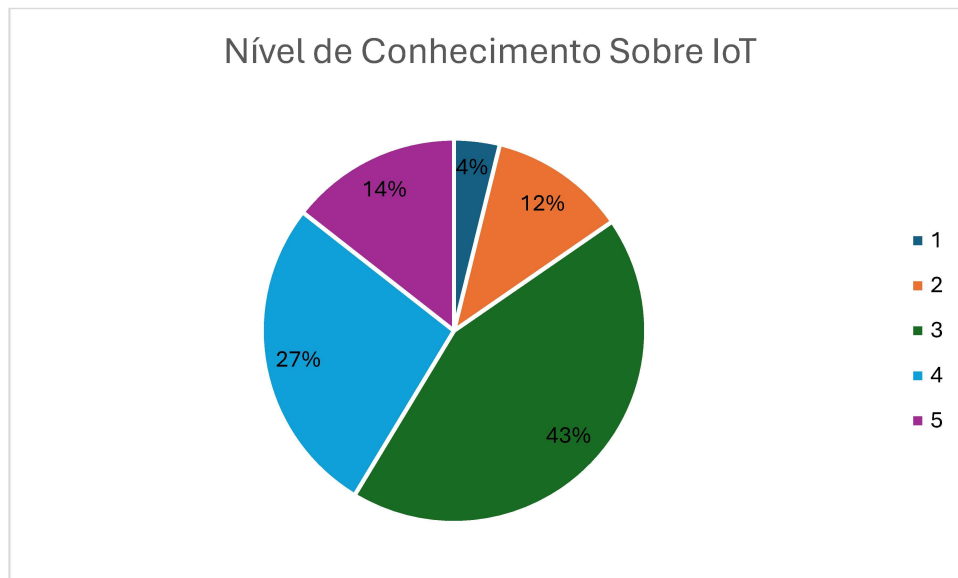
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a obtenção dos gráficos é possível notar que grande parcela das empresas entrevistadas atua em construções residenciais, possuindo frequência de 74,3%. É importante comentar que outras áreas também foram registradas, possuindo frequências consideráveis, mas é notório que a maior contribuição é da área residencial.

No contexto do porte das empresas, sua maior parte foi de porte médio I, com 40%, o que demonstra que as construtoras mais acessíveis para responder à pesquisa foram desse porte. Contudo, ainda foram obtidas boas porcentagens de resposta de empresas dos outros níveis de faturamento, contribuindo para heterogeneidade da pesquisa.

Para um contexto sobre o nível de conhecimento dos entrevistados sobre IoT, foi elaborado um questionamento, com seu resultado descrito abaixo:

Gráfico 6: Nível de conhecimento sobre IoT.



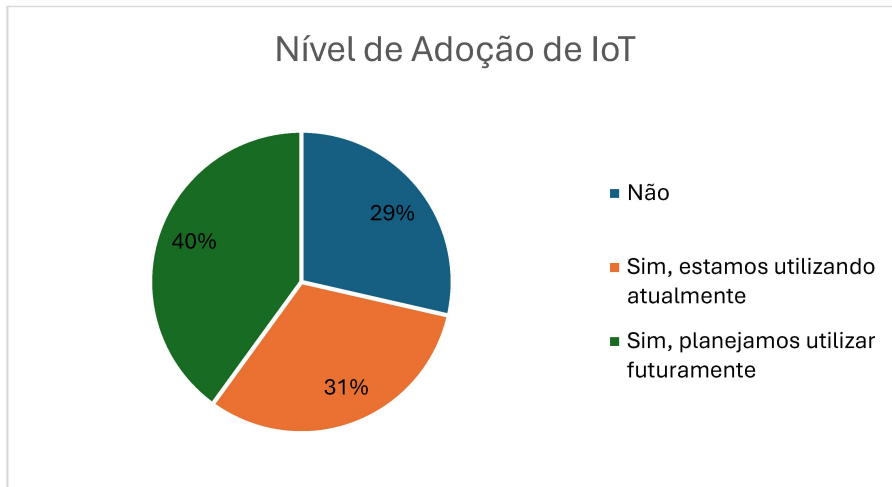
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse sentido, o nível 1 se refere ao menor conhecimento sobre IoT nessa escala, e o 5 ao nível mais avançado. A pesquisa demonstrou que boa parte dos entrevistados possui um conhecimento mediano sobre essa temática, com porcentagens significativamente menores dos níveis mais baixos de conhecimento, com os estágios 1 e 2 somando apenas 16%. Logo, o setor da construção civil cearense já possui um bom senso de informação sobre IoT e boa propriedade para responder o formulário.

#### 4.1 Mapeamento do nível de adoção da tecnologia no Ceará

Nessa etapa da pesquisa, foi possível cumprir o primeiro objetivo específico, que consiste em se obter o nível de adoção de IoT no Ceará, por meio de 4 opções de respostas possíveis para a pergunta: “A empresa já utiliza, utilizou ou planeja utilizar algum tipo de solução com IoT?”, os resultados estão representados abaixo:

Gráfico 7: Nível de adoção de IoT.

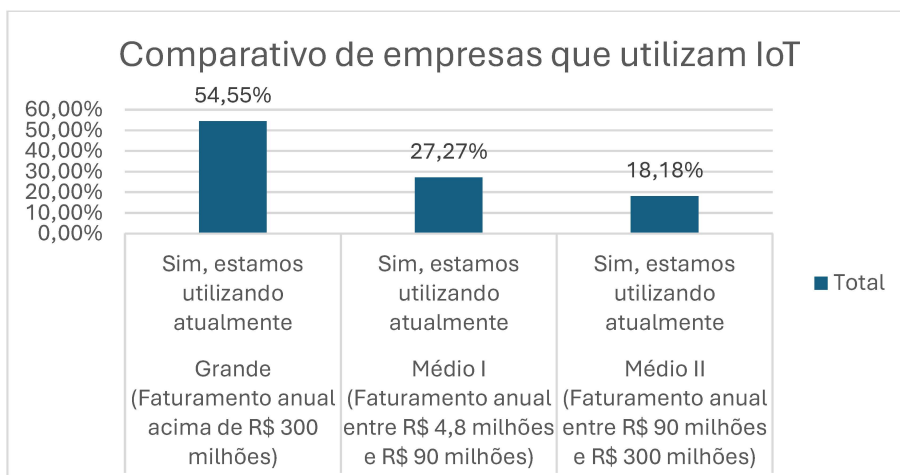


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse sentido, 31% dos entrevistados estão utilizando IoT em suas empresas, com a outra parcela de 69% restante não adotando esse tipo de tecnologia. Contudo, dos 69% restantes, 40% afirmam que planeja utilizar esse tipo de solução futuramente, e os outros 29% afirmaram não ter a intenção de fazer essa futura utilização. Assim, nota-se que a grande maioria das construtoras e empresas da área da engenharia civil não utilizam esse tipo de tecnologia no seu cotidiano, não sendo um tipo de solução com grande adesão.

Ademais, é interessante realizar um comparativo em relação à distribuição das empresas que utilizam IoT de acordo com seu porte, sendo representado no gráfico abaixo:

Gráfico 8: Comparativo de empresas que utilizam IoT levando em conta seus portes.

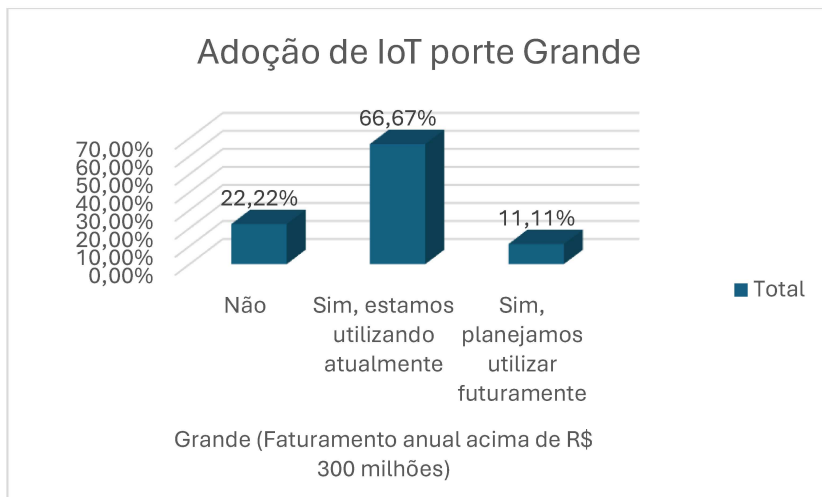


Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo com as empresas de grande porte representando aproximadamente um quarto do total de empresas entrevistadas, elas possuem mais da metade da frequência de utilização da tecnologia, de 11 empresas que adotam essa tecnologia, 6 são de grande porte, isso pode ser justificado pelo maior potencial de investimento da empresa, além de ela necessitar mais intensamente da tecnologia, em virtude de possuir mais demandas devido ao seu porte. Além disso, nenhuma empresa de pequeno porte utiliza IoT, o que pode ser justificado pelos custos de implantação da tecnologia.

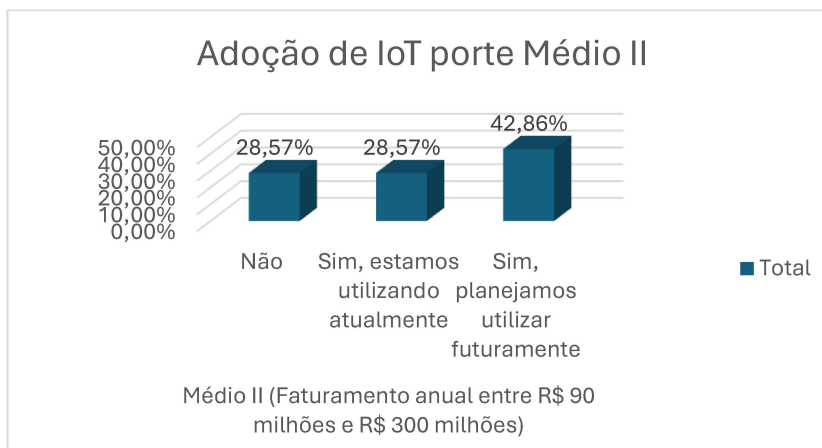
Nesse sentido, analisando as porcentagens de adesão de IoT em relação a cada porte de empresa, separadamente, temos:

Gráfico 9: Adoção de IoT em empresas de porte grande.



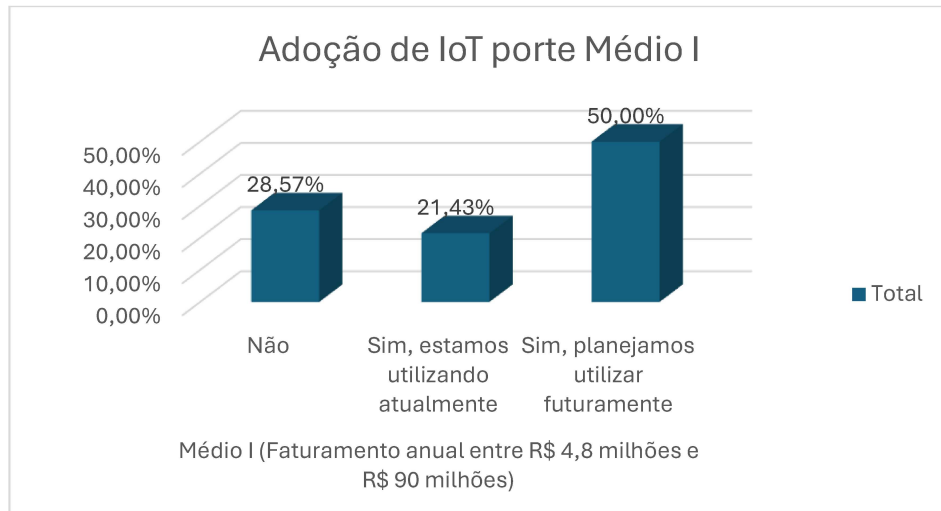
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 10: Adoção de IoT em empresas de porte médio I.



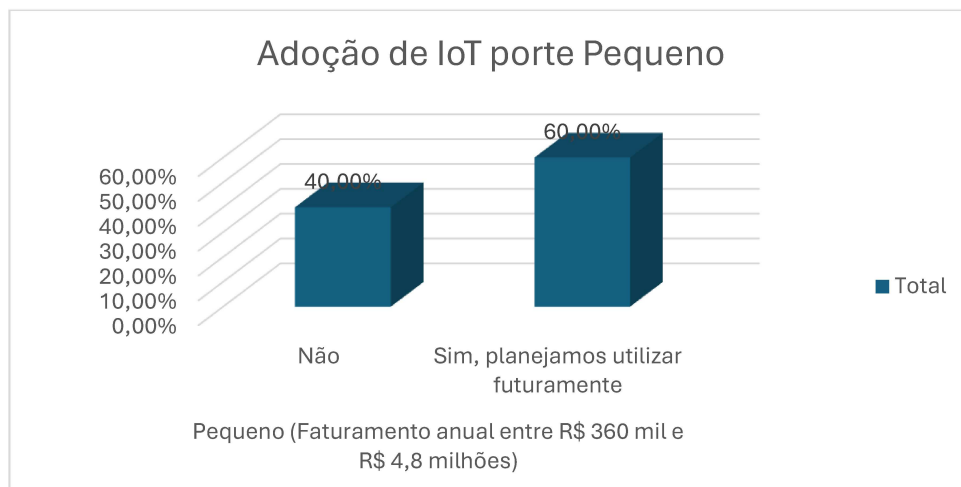
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 11: Adoção de IoT em empresas de porte médio II.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 12: Adoção de IoT em empresas de porte pequeno.



Fonte: Elaborado pelo autor.

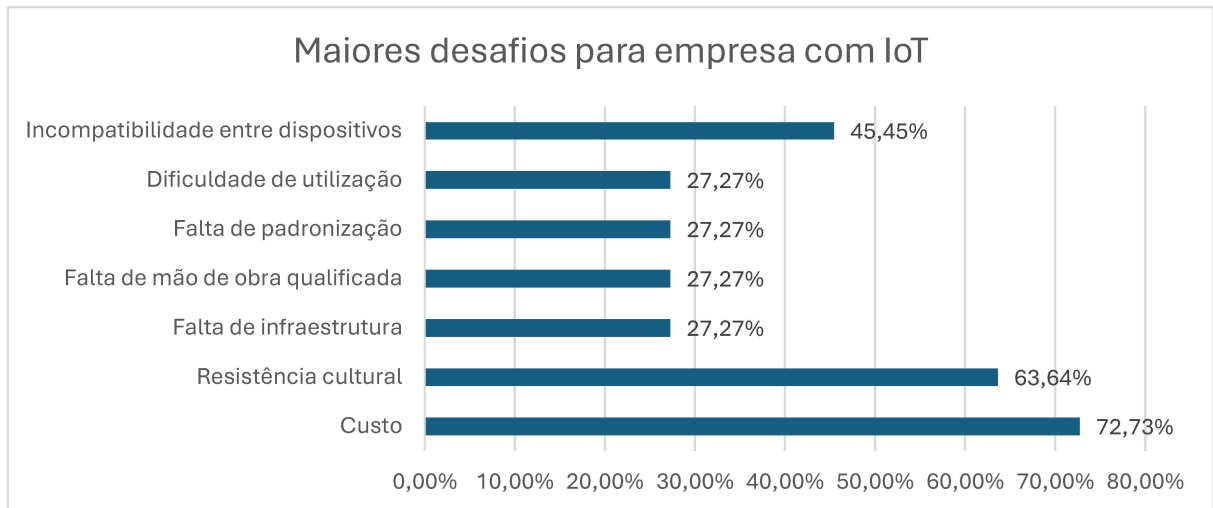
Analisando os gráficos, nota-se que quanto maior o porte da empresa, maior é a sua adesão ao uso de IoT. Em relação ao planejamento de adotar esse tipo de tecnologia no futuro, percebe-se que quanto menor o porte, maior é a intenção da empresa em utilizar esse tipo de tecnologia no futuro. Esse cenário discrepante, sobretudo da de grande porte em relação a de pequeno, com nenhuma das empresas de porte pequeno utilizando IoT atualmente, sugere que a ausência de IoT não se deve à falta de interesse, mas possivelmente às barreiras de entrada, como custo de implantação, infraestrutura etc.

Para o cumprimento dos objetivos específicos restantes, dividiu-se o formulário em duas vertentes, sendo a primeira direcionada para os 69% (24 empresas) que não utilizam IoT, e a segunda direcionada aos 31% (11 empresas) que adotam essa tecnologia.

#### 4.2 Principais obstáculos enfrentados na implementação da tecnologia

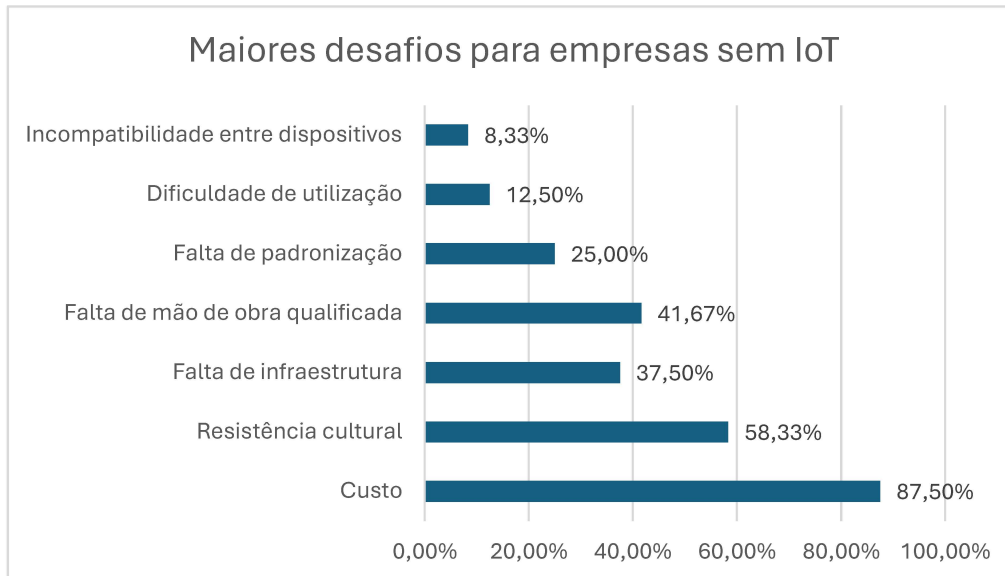
No contexto desse objetivo específico, foi realizada uma pergunta sobre quais os maiores desafios enfrentados, tanto para as empresas que usam IoT, quanto para as empresas que não usam. Os resultados obtidos estão representados abaixo:

Gráfico 13: Maiores desafios para implantação de IoT para empresas que já utilizam essa tecnologia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 14: Maiores desafios para implantação de IoT para empresas que não utilizam essa tecnologia.



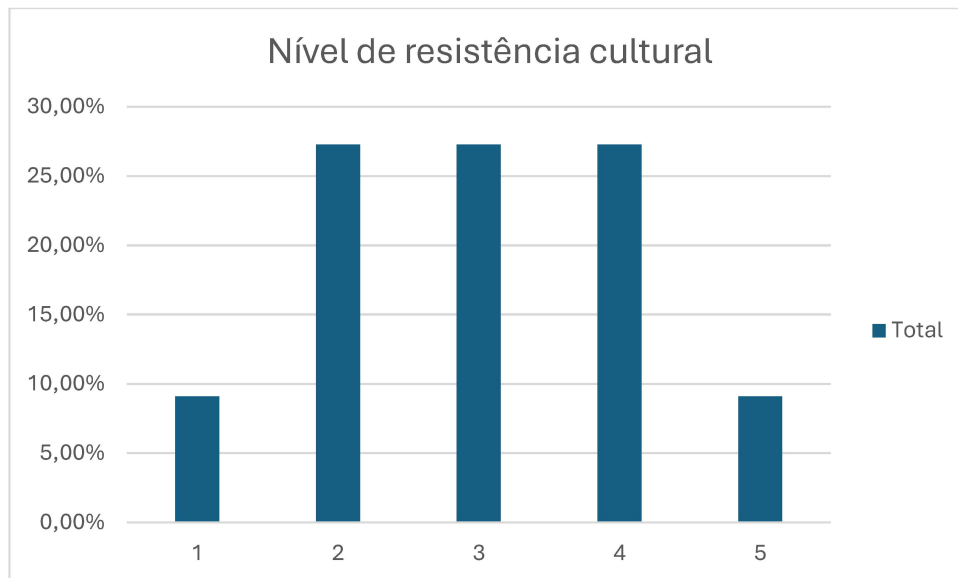
Fonte: Elaborado pelo autor.

Um ponto interessante de análise seria que grande parte das empresas que utilizam IoT (45,45%), afirmam que a incompatibilidade de dispositivos é um dos maiores desafios enfrentados, ao contrário das empresas que não utilizam (8,33%), o que atesta que por não utilizarem essa tecnologia, essas empresas não teriam tido experiência com esse tipo de problema, pois ele só é percebido com clareza na prática. O mesmo se aplica para dificuldade de utilização de IoT, com uma porcentagem significativamente maior em empresas que utilizam soluções com IoT.

Um grande problema identificado nos dois gráficos seria a resistência cultural, sendo o segundo maior desafio nas duas situações, atestando que o setor da construção civil ainda é bastante tradicionalista, com uma mão de obra ainda muito ligada a processos manuais, muitas vezes interpretando de maneira errada o uso e as funções da tecnologia.

Dessa forma, foi questionado nas empresas que utilizam a tecnologia, o nível de resistência cultural enfrentado, sendo 5 a maior dificuldade possível e 1 a menor. Os dados estão representados no gráfico abaixo:

Gráfico 15: Nível de resistência cultural nas empresas que utilizam IoT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

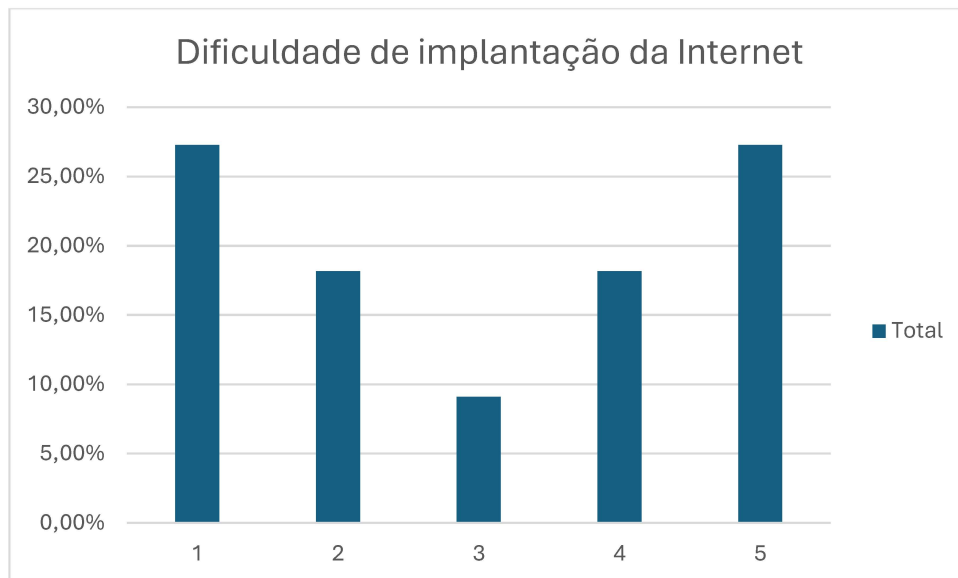
Por meio do gráfico, pode-se inferir que a média obtida foi de nível 3 de resistência, não sendo um nível extremamente alto, mas intenso o suficiente para ser um grande desafio a se enfrentar, como visto anteriormente nos gráficos 13 e 14, uma vez que se a mão de obra possui essa resistência, mesmo que não tão alta, gera desinteresse e má utilização das soluções. Nesse sentido, isso pode ser reforçado por Davis (1989), já citado anteriormente, retratando que a aceitação de uma tecnologia é determinada por duas variáveis cognitivas principais, sendo elas a Utilidade Percebida (*Perceived Usefulness*), consistindo no grau em que o usuário acredita que o uso daquela tecnologia melhorará seu desempenho no trabalho e Facilidade de Uso Percebida (*Perceived Ease of Use*), representando o grau em que o usuário acredita que o uso da tecnologia será livre de esforço físico ou mental, com isso, caso o usuário da tecnologia não acredite na melhora de seu desempenho com a tecnologia e não entenda sua utilidade de modo fácil, ele tende a rejeitar esse tipo de solução.

Além disso, falta de infraestrutura, de mão de obra qualificada e de padronização das tecnologias também possuem frequências consideráveis nos gráficos 13 e 14, ou seja, mesmo que a empresa compre os equipamentos e sistemas, existe a dificuldade de ter um suporte para essa tecnologia, existindo falta de infraestrutura básica para seu funcionamento, dificuldade de acesso a funcionários capacitados para manipular essa tecnologia e dificuldade de mesclar tecnologias diferentes no canteiro.

Nesse sentido, o gráfico abaixo representa a dificuldade de implantação de internet nas

empresas que utilizam IoT:

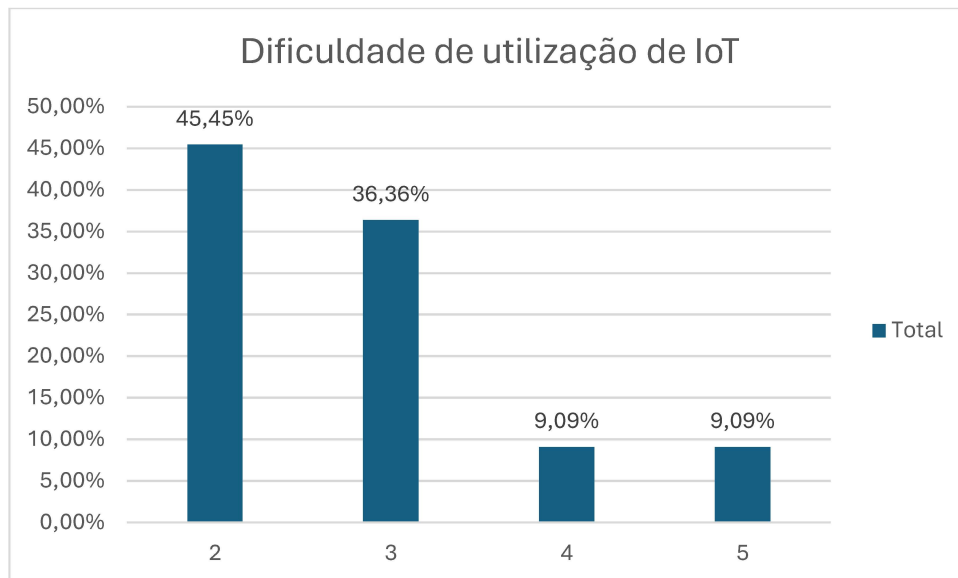
Gráfico 16: Dificuldade de implantação de internet em empresas que utilizam IoT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O desafio da falta de infraestrutura já mencionado pode ser melhor analisado nas empresas que utilizam IoT, pois no caso delas foi feita uma pergunta direcionada sobre o acesso à internet. Com base nos dados obtidos dessa pergunta no gráfico acima, a distribuição das notas teve média 3, sendo 5 o mais alto nível de dificuldade de implantação de internet e 1 o menor. Nesse sentido, nota-se que as maiores frequências ficaram nas notas dos dois extremos, o que pode ser justificado por possíveis diferenças de porte das obras e serviços, com serviços e obras de maior porte com uma dificuldade bem maior que obras e serviços menores. Para os casos de maior dificuldade, o desafio é mais preocupante, uma vez que a tecnologia depende diretamente do acesso à internet para funcionar.

Gráfico 17: Dificuldade de utilização de IoT em empresas que utilizam essa tecnologia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ademais, foi visto, anteriormente, no gráfico 13, que 27,27% das empresas que utilizam IoT mencionaram a dificuldade de utilização de IoT como um dos maiores desafios enfrentados, o que condiz com o gráfico acima, que fazendo sua média de notas multiplicando as porcentagens pelas suas respectivas notas e somando tudo ao final, obteve-se uma média 2,82 de dificuldade, indicando que a dificuldade é considerável, apesar de a maioria das respostas estarem nas notas 2 e 3. Essa distribuição mais concentrada nas notas 2 e 3 pode ser justificada pelo fato de que as empresas que deram notas 4 e 5 podem utilizar equipamentos mais complexos que as empresas que deram notas 2 e 3, o que poderia explicar esse número mediano de dificuldade.

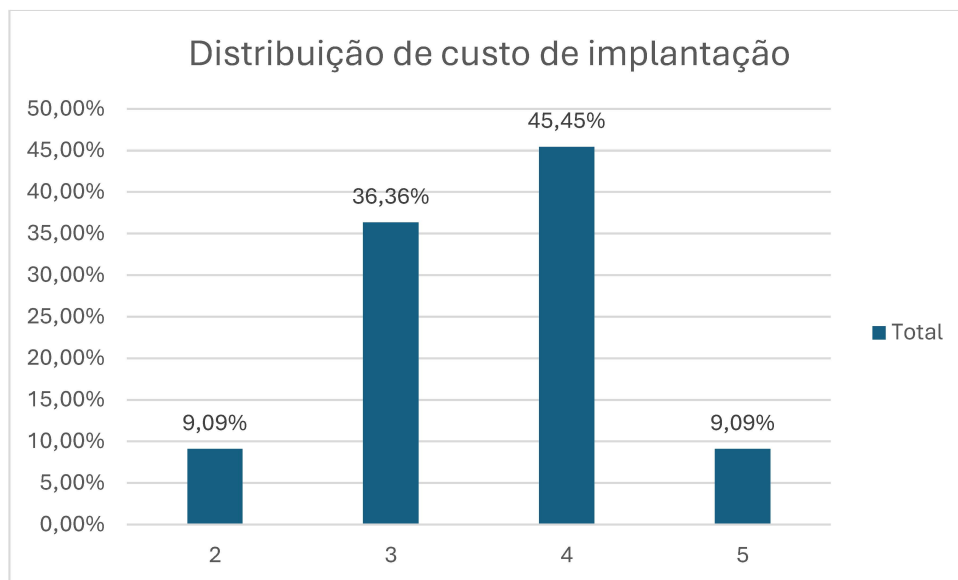
Por meio dos gráficos 13 e 14, nota-se que o maior desafio enfrentado por todas as empresas é o custo. Contudo, ele possui pesos diferentes a depender do porte da empresa, para pequenas empresas o custo é proibitivo, sendo uma barreira de entrada para inserção desse tipo de tecnologia. Já para empresas de médio e grande porte, o custo é uma barreira de escala, pois é bastante caro expandir o uso de IoT para todas as obras, mas esse problema não impede essas empresas da forma como impede as de pequeno porte.

Nesse sentido, uma empresa descreveu subjetivamente que, no caso dela, o custo para o desenvolvimento de uma possível alternativa inovadora utilizando IoT quase nunca foi compatível com o valor do contrato para fiscalização ou gerenciamento de uma obra pública. Dessa forma, a adoção dessas alternativas ficou mais difícil, pois existem alternativas mais

baratas para a solução do mesmo problema.

Dando continuidade aos dados objetivos, para as empresas que utilizam a tecnologia, foi feito um questionamento quanto ao nível do custo de implantação de IoT, em uma escala de 1 a 5, sendo 5 o custo mais elevado. O gráfico abaixo representa esses dados:

Gráfico 18: Custo de implantação em empresas que utilizam IoT.

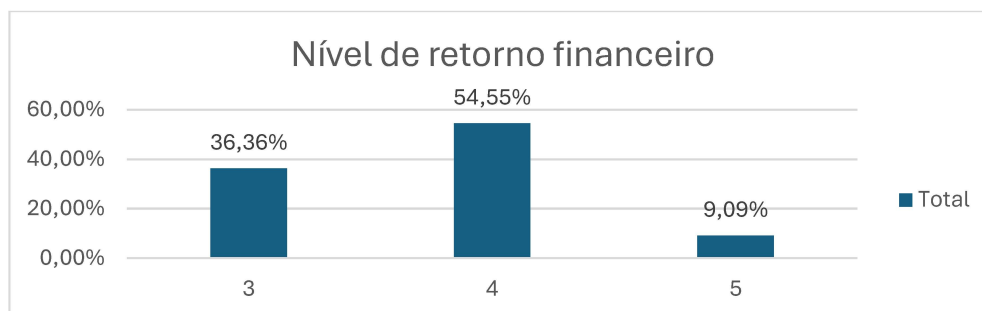


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse sentido, calculando-se a nota média dessa distribuição, obteve-se o valor de custo de 3,55 na escala de 1 a 5, não sendo um custo proibitivo para empresas de médio e grande porte, mas longe de ser irrelevante. Nesse sentido, atesta-se que o investimento inicial ainda é uma barreira considerável para a maioria das empresas, especialmente para as de menor porte, por não possuírem elevado capital para investimento.

Além disso, para empresas que utilizam a tecnologia, foi feita uma pergunta relacionada ao nível de retorno financeiro obtido, representada pelo gráfico abaixo:

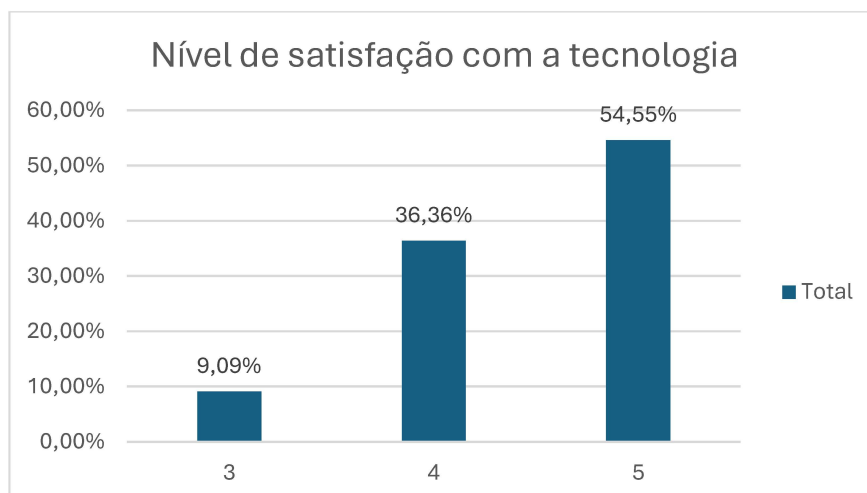
Gráfico 19: Nível de retorno financeiro em empresas que utilizam IoT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No gráfico acima, a escala é de 1 a 5, sendo 5 o maior retorno financeiro possível. Logo, percebe-se que todas as respostas de empresas que utilizam IoT se concentraram nas notas 3, 4 e 5, o que demonstra que o nível de retorno financeiro é bem alto. A média de nota desse questionamento é de 3,73. Com isso, apesar de o custo de implantação ser considerado alto, como já mencionado anteriormente, nas empresas que realmente utilizam IoT, o nível de retorno financeiro é consideravelmente elevado, evidenciando a vantagem na utilização desse tipo de solução. Para uma ilustração em relação à dúvida se realmente vale a pena a implementação dessa tecnologia, levando em conta todos os seus desafios e dificuldades, foi feito um questionamento direcionado a esse assunto para as empresas que adotam esse tipo de tecnologia, representado no gráfico abaixo, na escala de 1 a 5, onde 5 é a situação a qual mais valeu a pena para a empresa a utilização:

Gráfico 20: Nível de satisfação com a tecnologia.



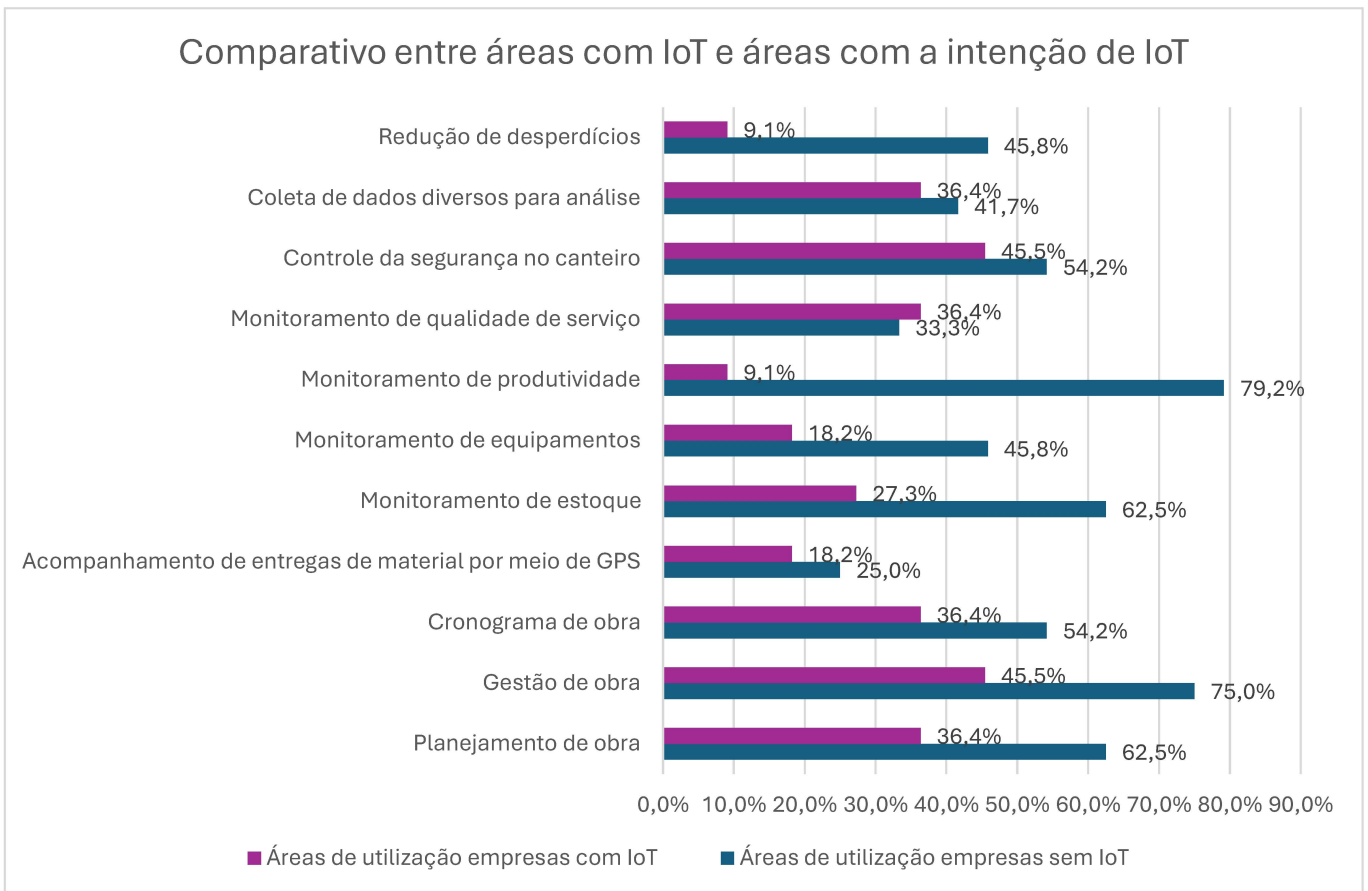
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a análise do gráfico acima, percebe-se que todas as respostas foram de 3 a 5, com média de 4,45. Logo, para as empresas que usam a tecnologia, mesmo com os desafios enfrentados, a adoção desse tipo de solução compensou de forma efetiva, trazendo mais vantagens do que dificuldades para as empresas, contribuindo para seu crescimento e facilitando seus processos.

### 4.3 Investigação dos principais dispositivos e sistemas baseados em IoT utilizados na construção civil

Para o início da discussão dos resultados desse objetivo, foi feito um gráfico de comparação entre as áreas que as empresas usam IoT e as áreas que as empresas que não usam IoT acham que seria mais vantajoso de utilizar.

Gráfico 21: Comparativo entre áreas aplicadas pelas empresas com IoT e áreas que as empresas que não utilizam a tecnologia creem que seria mais vantajoso utilizar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o gráfico, nota-se que as barras roxas correspondem à realidade de utilização das construtoras e as barras azuis correspondem à expectativa de utilização de empresas que ainda não possuem a tecnologia.

Primeiramente, nota-se a grande discrepância entre o cenário real e a expectativa de adoção em relação ao monitoramento de produtividade. Nesse sentido, existe certa idealização de que a tecnologia vai medir automaticamente o quanto cada colaborador irá produzir. Contudo, no cenário prático, essa automatização exige sensores e equipamentos complexos, com necessidade de vigilância, exigindo alta capacitação e alto custo. Em suma, as empresas visam às métricas complexas e eficientes, mas, no fim, optam por utilizar soluções mais simples.

Adotando outro ponto de análise, é válido salientar o quesito da gestão de obra, sendo ela a maior área de desejo e a maior área de atuação real utilizada, demonstrando a grande dificuldade de gestão em empresas de construção civil, sendo atestado que IoT está servindo em boa parte como ferramenta administrativa.

Mais um ponto de análise interessante seria em relação à redução de desperdícios, com elevado contraste entre intenção de uso e prática, com baixa adesão real. Dessa forma, para esse controle são exigidos sensores de estoque e monitoramento de material específicos, sugerindo que esse tipo de tecnologia ainda não é viável o suficiente para as construtoras cearenses.

Em relação ao controle de segurança no canteiro, as taxas entre real e expectativa são consideravelmente próximas, pois se trata de um setor extremamente necessário, devido ao fato de evitar possíveis roubos e acidentes, sendo uma área de aplicação mais facilitada.

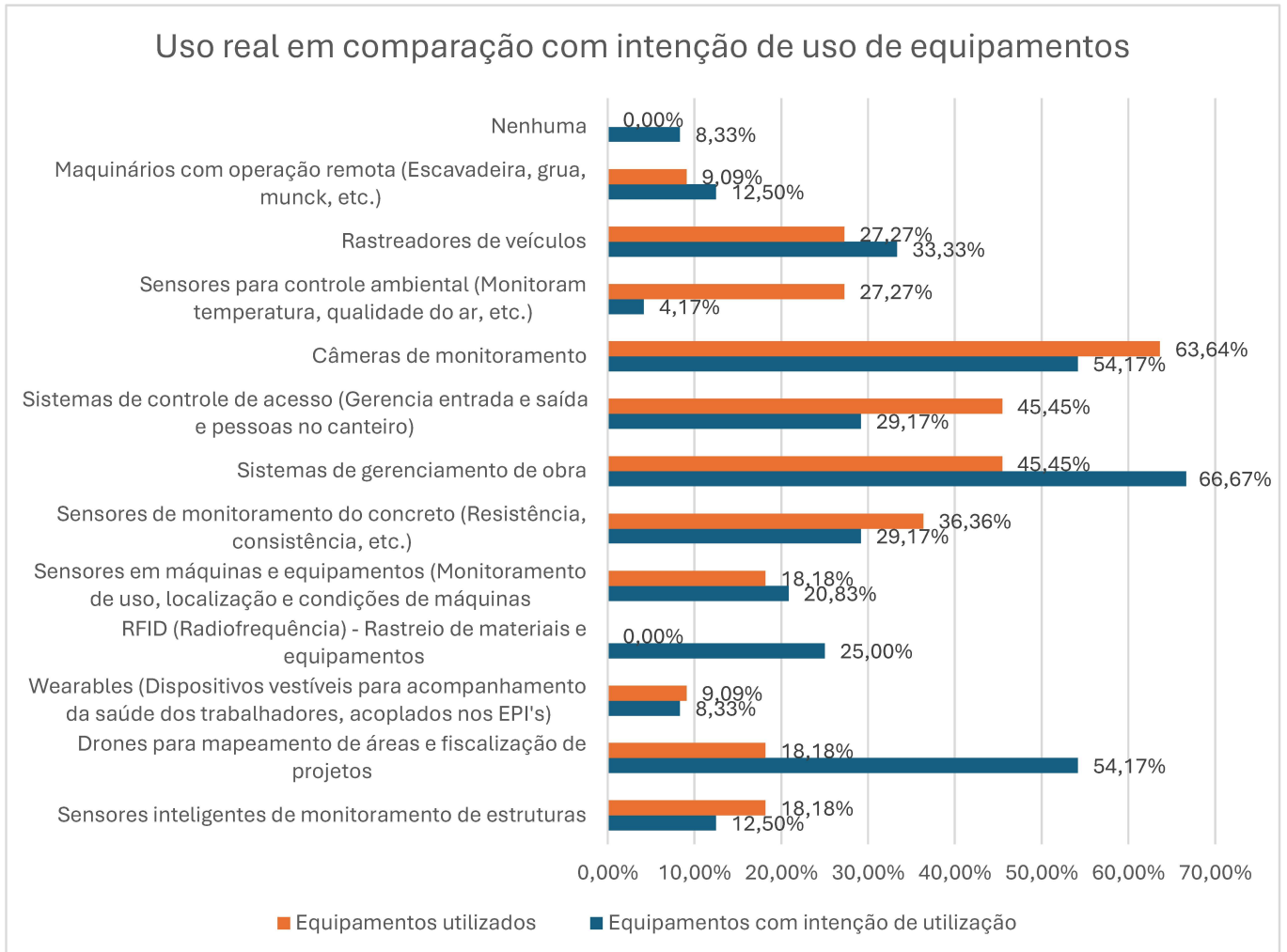
Em relação às outras áreas, possíveis discrepâncias podem ser resultados de dificuldade de implementação, além de prováveis custos elevados.

Logo, o gráfico evidencia que a IoT é visada como uma ferramenta de otimização de processos, contudo, devido aos seus desafios de implementação, é mais utilizada como ferramenta de controle e fiscalização.

Como exemplos mais apurados e detalhados na realidade, foram obtidas duas respostas escritas detalhando a área de atuação que duas empresas utilizam IoT, sendo mencionado uso de IoT em gerenciamento e fiscalização de obras públicas com drones e câmeras 360 graus, além de monitoramento de acesso e segurança do canteiro, monitoramento de equipamentos como grua, controle de almoxarifado e controle de logística de abastecimento. Evidenciando casos específicos reais de uso de IoT.

Para uma análise dos equipamentos utilizados, foi elaborado um gráfico de comparação entre os equipamentos utilizados na realidade e os equipamentos que têm a intenção de serem usados por empresas que ainda não adotam IoT, o gráfico está representado abaixo:

Gráfico 22: Comparação entre frequência de uso real de equipamentos e intenção de uso por empresas que não possuem IoT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio do gráfico, nota-se que os dois equipamentos mais utilizados coincidem com os dois equipamentos com maior intenção de uso por parte das empresas que não utilizam IoT, sendo eles câmeras de monitoramento e sistemas de gerenciamento de obra. Nesse sentido, o Ceará adota IoT primeiramente como ferramenta de segurança patrimonial e fiscalização visual, sendo mais facilmente adotável internamente a ideia de, por exemplo, evitar-se roubos do que a compra de um sensor de monitoramento de vibração do maquinário que prevê manutenção.

No caso do uso de drones para mapeamento de áreas e fiscalização de projeto, foi o equipamento com maior discrepância entre intenção de utilização por não usuários de IoT e utilização real. Isso pode ter como causa o fato de que não é suficiente somente a compra do equipamento, são necessários pilotos capacitados, além de softwares caros de fotogrametria

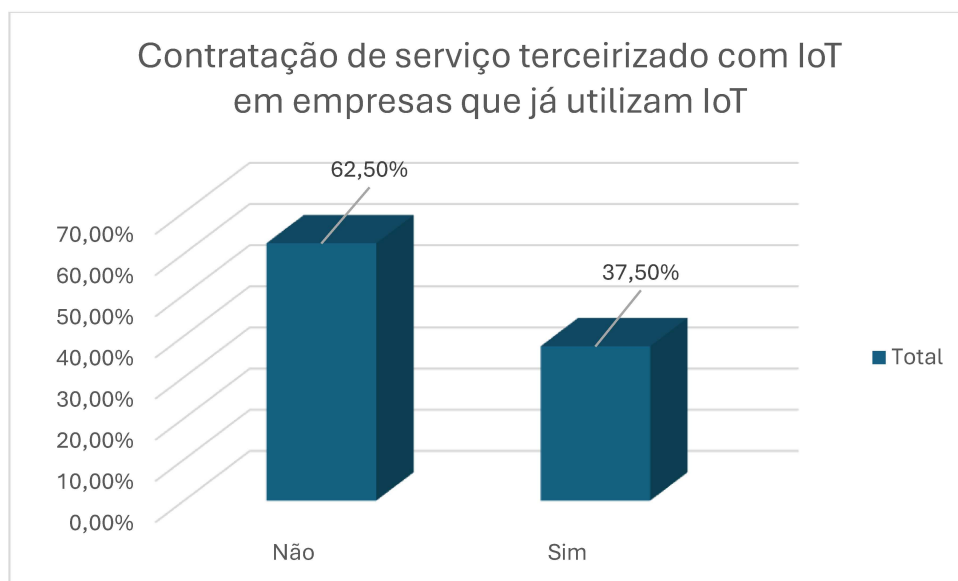
para processar as imagens. Dessa forma, o drone tem o senso comum de símbolo da modernidade, contudo, sua inserção na rotina diária de obras enfrenta barreiras operacionais que, por exemplo, câmeras de monitoramento não enfrentam.

Além disso, no caso dos sistemas de gerenciamento de obras, pode existir uma confusão conceitual, pois nem sempre a utilização de um software pode significar o uso de uma solução com IoT, podendo ser somente um processo de digitalização, caso o engenheiro precise digitalizar os dados no sistema, não consiste em Internet das Coisas. Com isso, o fato de tantas empresas marcarem que utilizam esse tipo de tecnologia e que utilizariam esse tipo de tecnologia, indica que o setor ainda confunde esse tipo de informação.

No caso de equipamentos mais avançados, com maior nível de complexidade, como *Wearables*, sensores em máquinas e RFID, tiveram baixíssima adesão, tanto na intenção das empresas que ainda não utilizam IoT, quanto nas que realmente utilizam, demonstrando que a construção civil foca mais no perímetro (câmeras de monitoramento e sistema de controle de acesso), e em áreas com tecnologias menos complexas e mais fáceis de se utilizar, atestando que o cenário cearense ainda está em um estágio inicial de adoção de IoT.

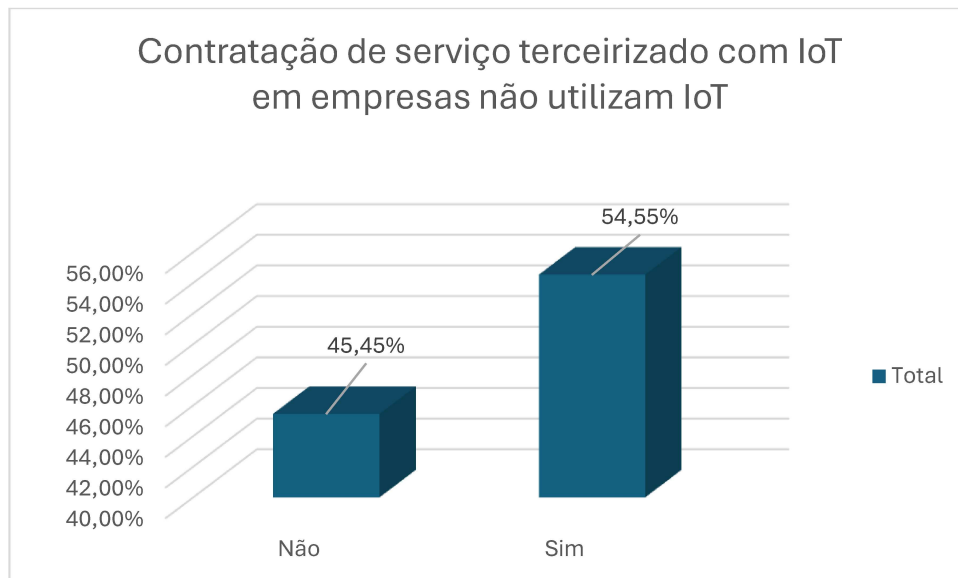
No contexto de utilização de tecnologia, para se obter um cenário também levando em consideração a utilização de serviços terceirizados, obteve-se o seguinte gráfico:

Gráfico 23: Serviços terceirizados em empresas que utilizam IoT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 24: Serviços terceirizados em empresas que não utilizam IoT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

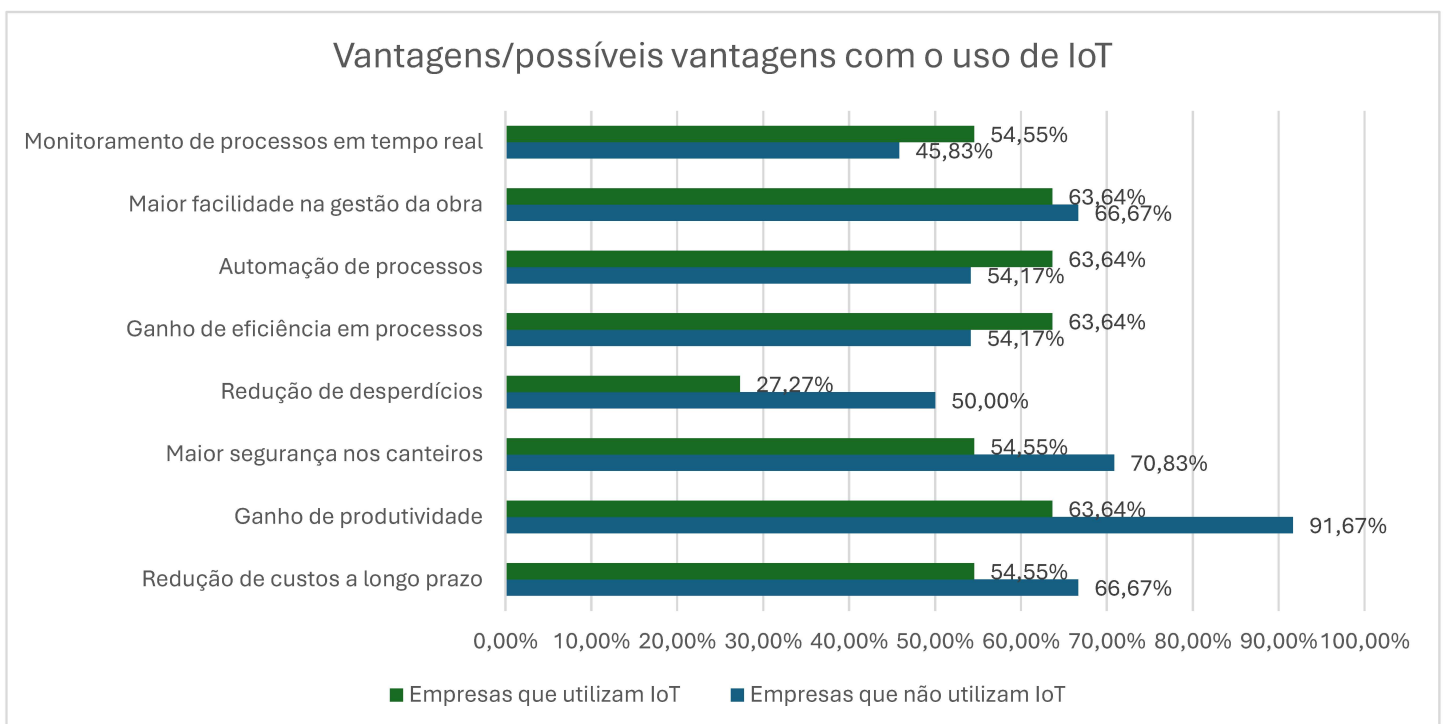
De acordo com os gráficos acima, nota-se que no grupo de empresas que não adotam IoT internamente, observa-se uma maior predisposição à contratação de serviços tecnológicos, indicando que a falta de equipamentos próprios não significa falta de interesse na tecnologia. Pelo contrário, essas empresas utilizam a terceirização como estratégia de acesso rápido à inovação. Nesse sentido, incapazes de arcar com o custo de aquisição e treinamento (barreiras internas), as empresas "alugam" a competência de terceiros. Isso demonstra que o mercado já reconhece a necessidade dos dados gerados pela IoT, buscando-os no mercado externo.

No caso das empresas que já utilizam a tecnologia, percebe-se que a taxa de contratação externa cai, com a maioria optando por não terceirizar. Uma vez que a construtora investe em equipamentos (câmeras, sensores, drones) e capacita sua equipe, tendendo a executar as tarefas internamente para ter maior controle sobre os dados e processos. A maturidade digital parece levar à autossuficiência, ou seja, ao invés de pagar recorrentemente por um serviço terceiro, a empresa inovadora prefere incorporar a tecnologia ao seu ativo permanente, reduzindo a dependência externa. Contudo, a terceirização atua como uma porta de entrada fundamental para a digitalização do setor, servindo de ponte para empresas que ainda não conseguem investir em ativos próprios.

#### 4.4 Percepções das empresas

Para as percepções, optou-se por uma comparação entre dados de empresas que utilizam a tecnologia com empresas que não utilizam a tecnologia, em relação às vantagens obtidas com esse uso. Nesse sentido, será feito um comparativo das expectativas de vantagens, com as vantagens reais notadas. O gráfico abaixo representa esses dados:

Gráfico 25: Comparativo entre vantagens reais e vantagens esperadas com o uso de IoT.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio do gráfico, grande parcela das empresas que não utilizam a tecnologia tinham a expectativa que haveria um ganho de produtividade, o que também condiz com os dados reais, visto que a maior parcela das empresas que tiveram experiências reais com IoT afirmaram ter ganho de produtividade em algum processo. Tal fato valida que a IoT pode ser considerada uma ferramenta de performance, com a tecnologia proporcionando bons resultados.

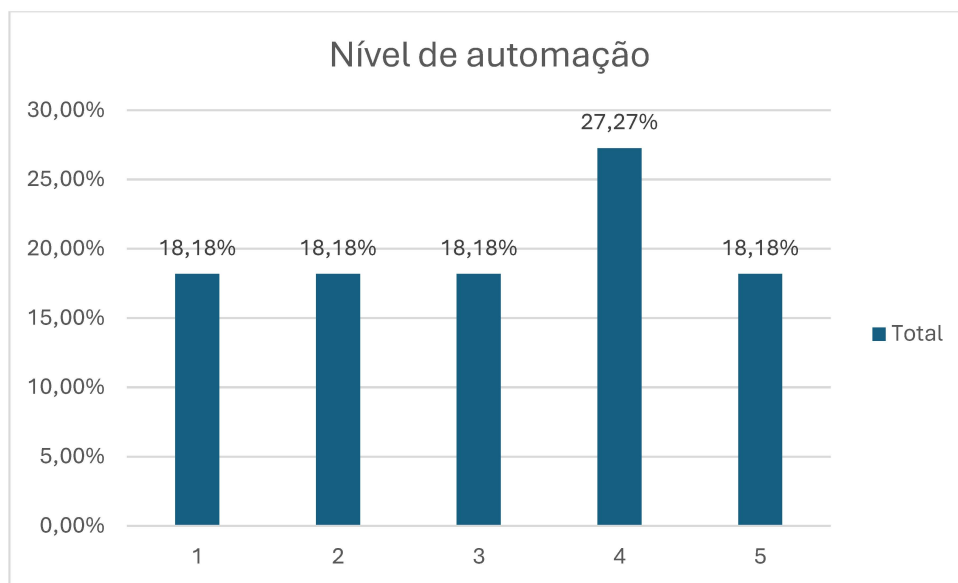
Em relação à vantagem mais destoante entre expectativa e realidade, sendo a redução de desperdícios, pode-se afirmar que ela exige um controle fino sobre os materiais, sendo complexo de implementar e não tão comum de ser utilizado. Nesse sentido, esse fato também pode se justificar devido que esse benefício seria a longo prazo e de difícil mensuração levando

em conta que a maioria dos equipamentos utilizados são câmeras de monitoramento e controle de acesso, nos quais os usuários são acostumados com ganhos instantâneos, como visto anteriormente.

Em relação ao ganho de segurança nos canteiros, houve considerável discrepância entre o real e o esperado, isso pode ser devido ao fato de as empresas instalarem equipamentos de vigilância e controle de acesso esperando algo em relação à segurança do trabalho, contudo esse tipo de solução possui mais impacto na segurança patrimonial.

Ademais, também se elaborou um gráfico em relação à percepção das empresas que utilizam IoT em relação à automação de processos, em uma escala de 1 a 5, na qual 5 é o valor correspondente ao maior nível de automação, obtendo-se o seguinte resultado:

Gráfico 26: Nível de automação de processos.



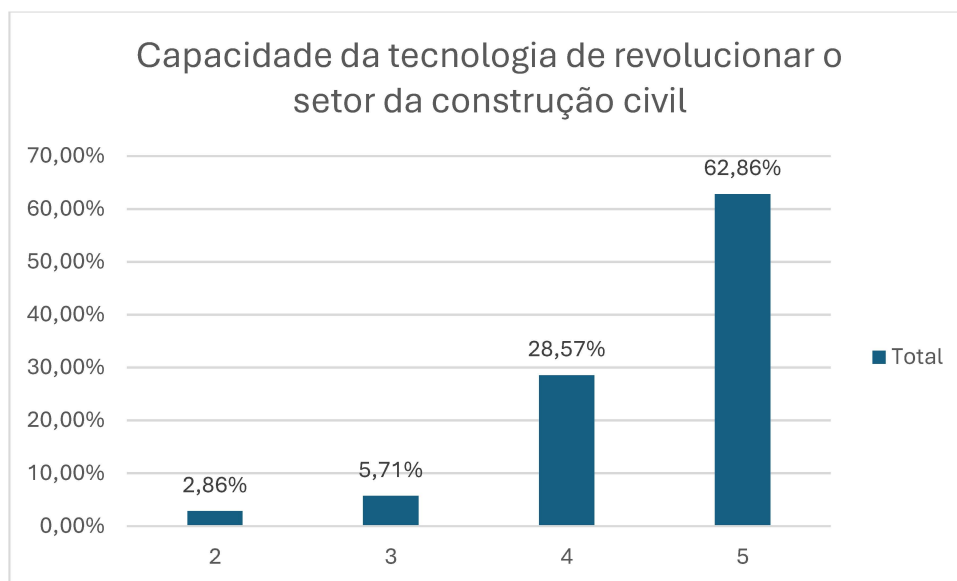
Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio dos dados acima, pode-se obter a média de 3,09, sendo um valor mediano na escala de 1 a 5, sendo condizente com o gráfico 25, no qual 63,64% das empresas que utilizam IoT consideraram que tiveram avanço em relação à automatização, sendo esses dois valores medianos.

#### 4.5 Análise das expectativas futuras do setor em relação à IoT

Apesar de todas as dificuldades relatadas, o setor da construção civil não é cético em relação ao potencial da utilização dessa tecnologia, sendo isso demonstrado pelo gráfico abaixo:

Gráfico 27: Capacidade de revolução da tecnologia.

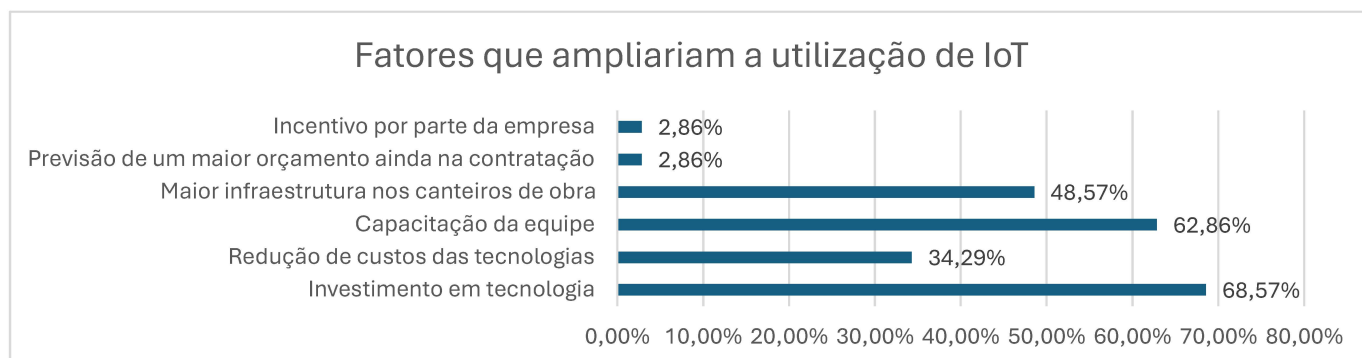


Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a distribuição do gráfico acima, sendo 5 o maior nível de capacidade, nota-se que a média de nota obtida foi o valor de 4,51, o que indica que o cenário cearense está bastante otimista em relação ao potencial da IoT, já sendo familiarizado com a indústria 4.0. Tal resultado contrasta com o nível baixo de adoção da tecnologia visto anteriormente, o que evidencia que o problema não é a falta de visão do setor, mas, sim, a falta de meios para a adoção dessa tecnologia.

Ademais, dentre as possíveis evoluções para o aumento da utilização de IoT, tem-se a seguinte distribuição:

Gráfico 28: Fatores que ampliariam a utilização de IoT.

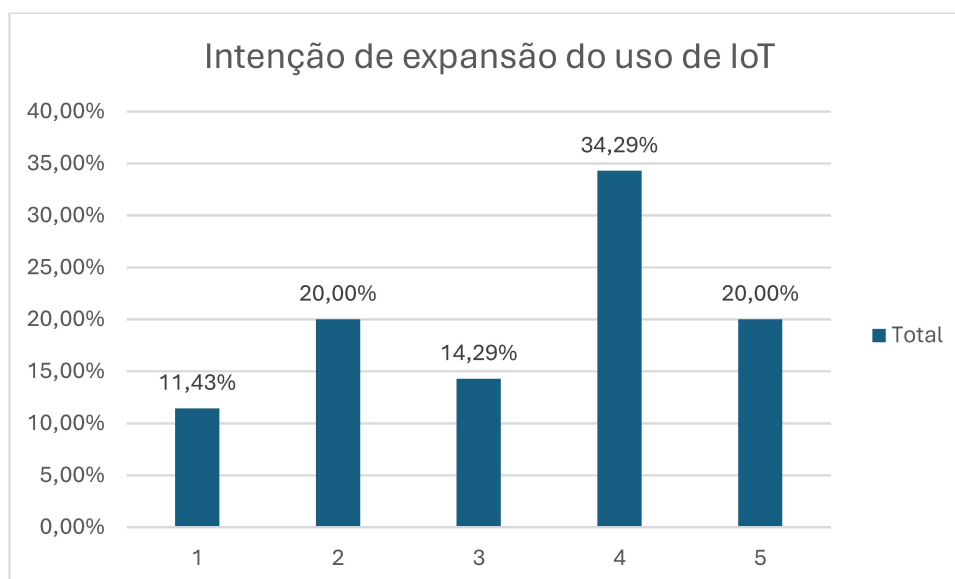


Fonte: Elaborado pelo autor.

Baseado no gráfico acima, nota-se que a maior necessidade julgada seria o investimento em tecnologia, sendo até superior à redução dos custos. Tal fato sugere que as empresas aceitam pagar um valor mais alto em tecnologia, sendo o maior problema ter acesso à quantia para o investimento, e não somente o preço do equipamento.

Quanto à intenção de expansão do uso dessa tecnologia por parte das empresas, foi elaborado o seguinte gráfico, com escala de 1 a 5, sendo 5 o maior nível de intenção de expansão do uso de IoT:

Gráfico 29: Intenção de expansão do uso de IoT.



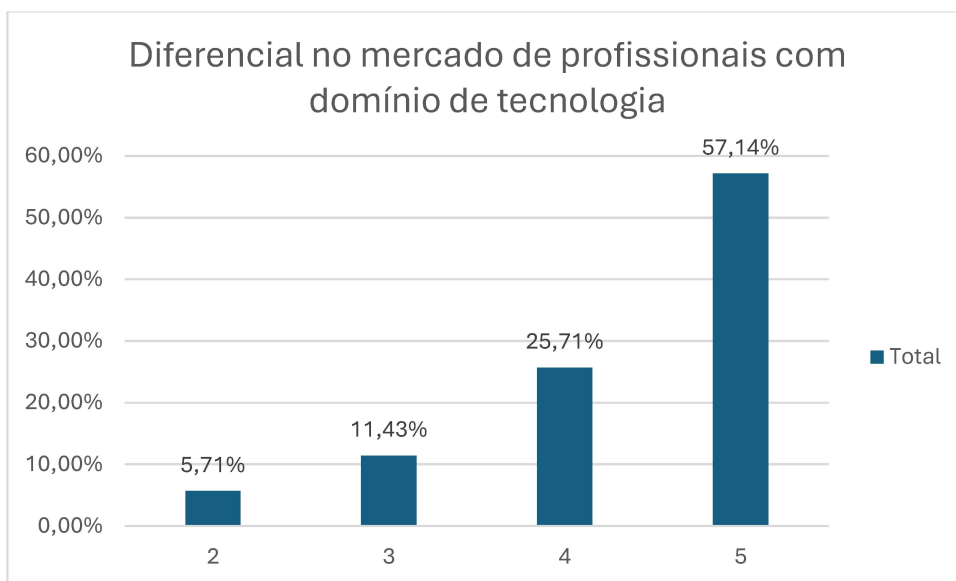
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com os dados do gráfico, obtém-se a média de 3,28. Tal dado contrasta com a alta crença

de que a tecnologia vai revolucionar o setor da construção civil (4,51), atestando que as empresas confiam no potencial da tecnologia, mas não tem a intenção de expandir seu uso. Nesse sentido, elas acreditam no futuro, mas ainda estão inseguras para investir.

Em relação à crença do setor quanto ao profissional capacitado no manuseio da tecnologia, na escala de 1 a 5, sendo 5 a plena concordância de que profissionais com domínio de tecnologias tem um diferencial no mercado, temos o seguinte gráfico:

Gráfico 30: Diferencial de profissionais com domínio da tecnologia no mercado de trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o gráfico, a média obtida foi de 4,34, indicando que o setor concorda em um nível bastante alto que profissionais com domínio no uso de IoT possuem um diferencial no mercado. É válido salientar que como retratado no gráfico 28, 62,84% dos entrevistados acreditam que a capacitação de equipe ampliaria o uso de IoT por parte da construção civil, o que condiz com o dado obtido do diferencial desse tipo de mão de obra qualificada no mercado. O mercado valoriza o engenheiro com esse tipo de conhecimento, sugerindo que é preciso uma maior capacitação para ampliação do uso de IoT, o que atesta que as universidades possuem um papel fundamental para incentivar a adesão de IoT no estado do Ceará.

Por fim, para a ocorrência dessa revolução tecnológica, o setor da construção atesta a necessidade de mais investimentos relacionados à tecnologia, principalmente intelectual e monetário, sendo o desafio não só a aquisição dos equipamentos, mas também a mão de obra capaz de utilizar esse meio.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo central analisar o panorama da inserção da Internet das Coisas (IoT) na construção civil do Ceará, identificando o nível de adoção, os principais dispositivos utilizados, bem como os desafios e benefícios percebidos pelos profissionais da área. A pesquisa revelou um cenário de transição, onde o reconhecimento do potencial da tecnologia contrasta com barreiras práticas significativas para sua implementação massiva.

Quanto ao nível de adoção da tecnologia, constatou-se que a utilização de IoT no estado ainda é incipiente, restrita a uma parcela de 31% das empresas entrevistadas, enquanto a maioria (69%) ainda não utiliza tais soluções. Observou-se uma correlação direta entre o porte da empresa e a adoção tecnológica: enquanto mais de 66% das grandes empresas já utilizam IoT, nenhuma empresa de pequeno porte participante da pesquisa faz uso dessas ferramentas. Isso evidencia que, no Ceará, a IoT ainda é uma realidade majoritariamente acessível a corporações com maior capital de investimento e demandas operacionais complexas.

No que tange aos obstáculos enfrentados, o custo de implantação confirmou-se como o maior desafio, sendo apontado como barreira crítica tanto por empresas que já utilizam a tecnologia, quanto pelas que não utilizam. Entretanto, a pesquisa revelou outros entraves cruciais: a resistência cultural da mão de obra, a falta de infraestrutura básica (como internet estável nos canteiros) e a escassez de profissionais qualificados. Para as empresas que já utilizam IoT, a incompatibilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes surgiu como um problema técnico relevante, muitas vezes não previsto por quem ainda não adotou a tecnologia.

Em relação aos dispositivos e aplicações, identificou-se que o uso da IoT no Ceará está focado, primordialmente, em monitoramento e segurança patrimonial, em detrimento da automação de processos produtivos. As soluções mais utilizadas são câmeras de monitoramento e sistemas de controle de acesso/gerenciamento. Houve uma discrepância notável entre expectativa e realidade: enquanto empresas que não usam IoT desejam aplicá-la para monitoramento de produtividade, a prática mostra que a complexidade de implementação desses sensores específicos ainda limita seu uso. O uso de drones, embora popular no imaginário da inovação, enfrenta barreiras operacionais que dificultam sua integração na rotina diária das obras.

Apesar das dificuldades, a percepção de valor e satisfação é altamente positiva. As empresas que superaram as barreiras de entrada relataram altos níveis de satisfação com a tecnologia (média de 4,45 de 5) e um retorno financeiro considerável, refutando a ideia de que

o alto custo inicial inviabiliza o lucro a longo prazo. A IoT demonstrou ser eficaz para facilitar a gestão da obra e aumentar a produtividade, validando as expectativas do setor.

Por fim, as expectativas futuras indicam um otimismo cauteloso. O setor reconhece a capacidade da IoT de revolucionar a construção civil (média 4,51 de 5) e valoriza profissionais com domínio dessas tecnologias como um diferencial competitivo. Conclui-se, portanto, que para a expansão da IoT no Ceará, não basta apenas a redução de custos; é imprescindível o investimento em capacitação técnica das equipes e a melhoria da infraestrutura de conectividade nos canteiros de obras. A modernização do setor é vista não como uma opção, mas como um caminho necessário para a eficiência e competitividade no mercado regional.

## REFERÊNCIAS

- ALOTAIBI, Badr Saad et al. Assimilation of 3D printing, Artificial Intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) for the construction of eco-friendly intelligent homes: an explorative review. *Heliyon*, v. 10, 2024.
- ASHTON, Kevin et al. **That ‘internet of things’ thing**. RFID journal, v. 22, n. 7, p. 97- 114, 2009.
- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. **The Internet of Things: A survey**. *Computer Networks*, [S. l.], v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. DOI: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
- BADUGE, Shanaka Kristombu et al. Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction*, v. 141, 2022.
- DATTA, Shuvo Dip et al. Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: a comprehensive review. *Heliyon*, v. 10, 2024.
- DAVE, Bhargav; KUBLER, Sylvain; FRÄMLING, Kary; KOSKELA, Lauri. Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. *Automation in Construction*, vol. 61, p. 86–97, 2015.
- DAVIS, Fred D. **Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology**. *MIS quarterly*, v. 13, n. 3, p. 319-340, 1989.
- EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho *et al.* Porto Alegre: Bookman, 2014.
- GUBBI, J. et al. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, v. 29, n. 7, p. 1645–1660.
- KOCHOVSKI, Petar; STANKOVSKI, Vlado. Supporting smart construction with dependable edge computing infrastructures and applications. *Automation in Construction*, v. 85, p. 182–192, 2018.
- KOR, Mergen; YITMEN, Ibrahim; ALIZADEHSALEHI, Sepehr. An investigation for integration of deep learning and digital twins towards Construction 4.0. *Smart and Sustainable Built Environment*, v. 12, n. 3, p. 461–487, 2023.
- PAN, Yue; ZHANG, Limao. Integrating BIM and AI for smart construction management: current status and future directions. *Archives of Computational Methods in Engineering*, v. 30, p. 1081–1110, 2022.
- SIMÃO, A. dos S.; ALCOFORADO, L. F.; LONGO, O. C.; SANTOS, D. A. dos; SANTOS, F. dos; SILVA, A. D.; MENEZES, C. A. G.; JÚNIOR, J. C. M. Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira / Impacts of industry 4.0 on brazilian civil construction. *Brazilian*

**Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 20130–20145, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n10-210. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3881>. Acesso em: 19 jul. 2025.

ŠTEFANIČ, Matej; STANKOVSKI, Vlado. A review of technologies and applications for smart construction. *Civil Engineering*, v. 172, p. 1–12, 2018.

XU, Li et al. Automation in manufacturing and assembly of industrialised construction. *Automation in Construction*, v. 170, 2025.

YASHWANTHRAJ, T. et al. Smart construction management. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, v. 11, n. 3, 2023.