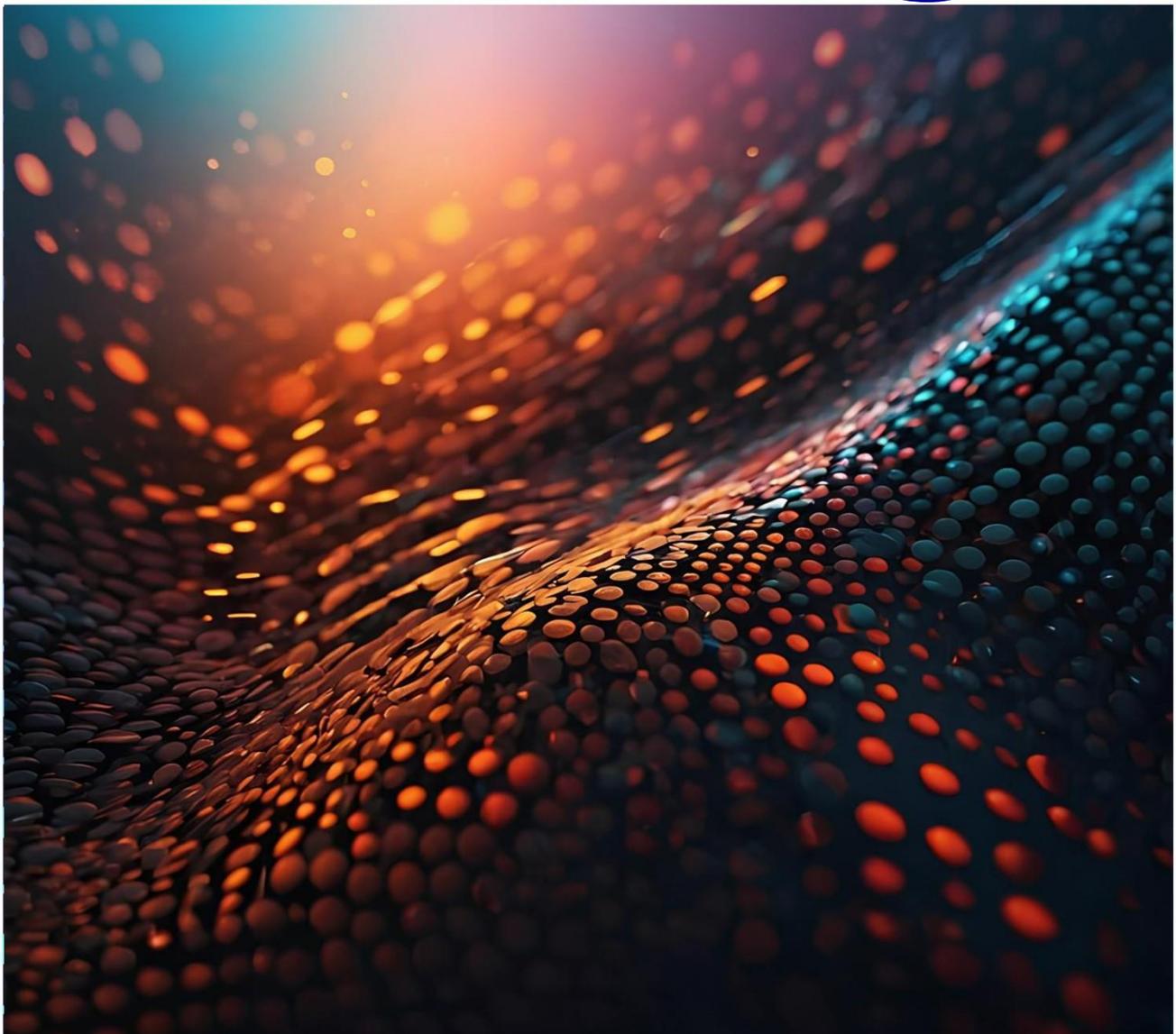


Resiane Silveira (Org.)

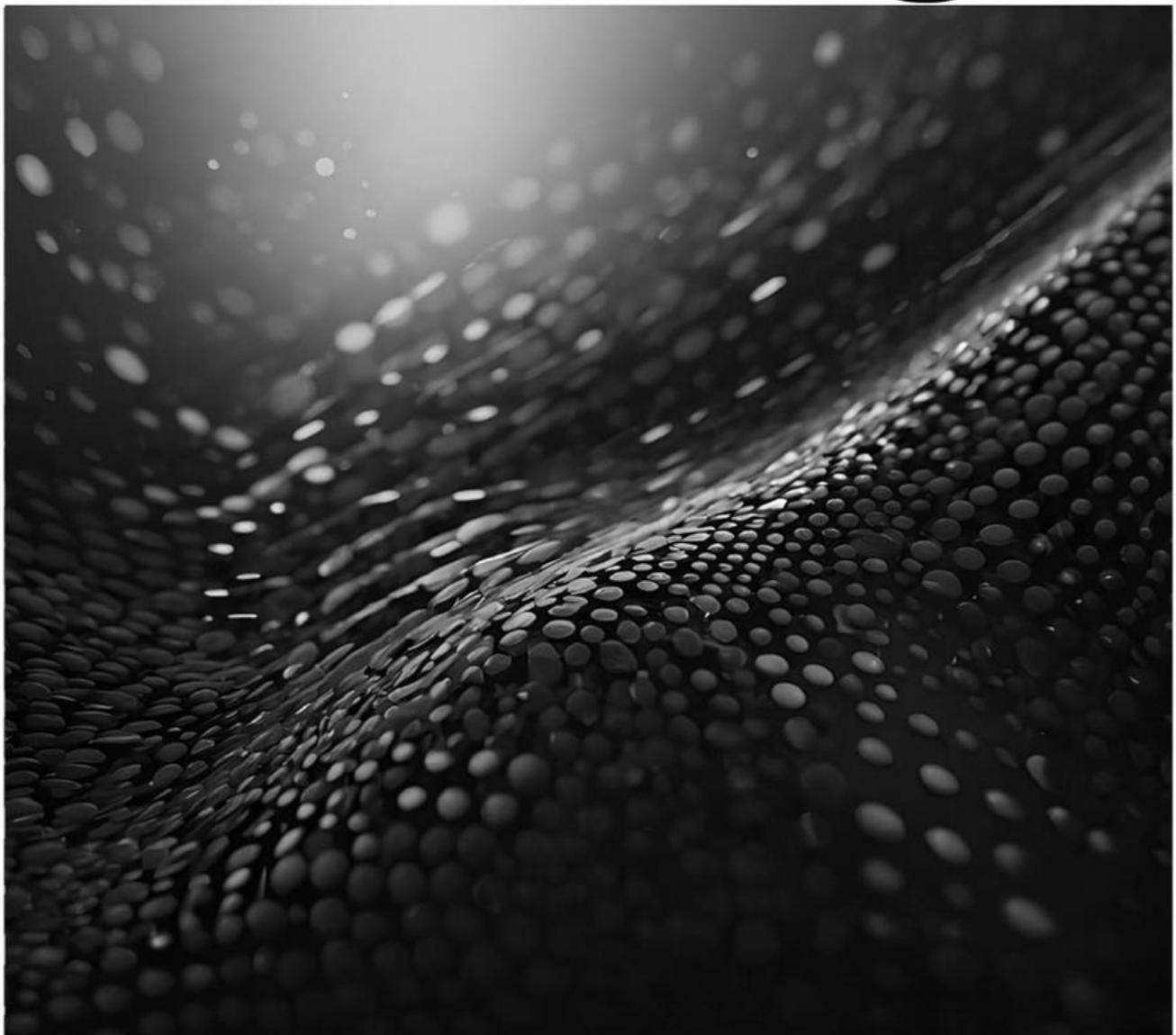
inovações e avanços em Ciência e Tecnologia



v.3 - 2024

Resiane Silveira (Org.)

inovações e avanços em Ciência e Tecnologia



v.3 - 2024


Editora
UNIESMERO

2024 – Editora Uniesmero

www.uniesmero.com.br

uniesmero@gmail.com

Organizadora

Resiane Paula da Silveira

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Imagens, Arte e Capa: Freepik/Uniesmero

Revisão: Respectiveos autores dos artigos

Conselho Editorial

Ma. Tatianny Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Me. Elaine Freitas Fernandes, Universidade Estácio de Sá, UNESA

Me. Laurinaldo Félix Nascimento, Universidade Estácio de Sá, UNESA

Ma. Jaciara Pinheiro de Souza, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Dra. Náyra de Oliveira Frederico Pinto, Universidade Federal do Ceará, UFC

Ma. Emile Ivana Fernandes Santos Costa, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Me. Rudvan Cicotti Alves de Jesus, Universidade Federal de Sergipe, UFS

Me. Heder Junior dos Santos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP

Ma. Dayane Cristina Guarnieri, Universidade Estadual de Londrina, UEL

Me. Dirceu Manoel de Almeida Junior, Universidade de Brasília, UnB

Ma. Cinara Rejane Viana Oliveira, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Esp. Jader Luís da Silveira, Grupo MultiAtual Educacional

Esp. Resiane Paula da Silveira, Secretaria Municipal de Educação de Formiga, SMEF

Sr. Victor Matheus Marinho Dutra, Universidade do Estado do Pará, UEPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587i Silveira, Resiane Paula da
Inovações e Avanços em Ciência e Tecnologia - Volume 3 /
Resiane Paula da Silveira (organizadora). – Formiga (MG): Editora
Uniesmero, 2024. 116 p. : il.
Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5492-091-9
DOI: 10.5281/zenodo.13904154

1. Ciência e Tecnologia. 2. Inovações e Avanços. 3. Inovação
Tecnológica. I. Silveira, Resiane Paula da. II. Título.

CDD: 607
CDU: 001

*Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam
responsabilidade de seus autores.*

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os
fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora Uniesmero
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.uniesmero.com.br
uniesmero@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
[https://www.uniesmero.com.br/2024/10/inovacoes-e-avancos-
em-ciencia-e.html](https://www.uniesmero.com.br/2024/10/inovacoes-e-avancos-em-ciencia-e.html)



AUTORES

**CLEDSON APARECIDO RUFATO
DIOGO SCHRÖPFER
FELYPE SANTOS BORGES
FRANCISCO VALDENIR DE ANDRADE SOUZA
GABRIELA BIRK
KARLA LUZIA ALVARES DOS PRAZERES
LAIS ARAÚJO FERNANDES DA COSTA
MARCELO TRAMONTIN SOUZA
MARCOS ALEXANDRE RODRIGUES OLIVEIRA
PATRÍCIA LORIANE FALK
PAULO JOVINIANO ALVARES DOS PRAZERES
RUAN CARLOS DE ARAÚJO MOURA**

APRESENTAÇÃO

A ciência e a tecnologia, entrelaçadas em uma dança constante de questionamento e inovação, desafiam-nos a transcender os limites do que é conhecido e a vislumbrar o horizonte do desconhecido. Neste espaço de reflexão e descoberta, cientistas e engenheiros são os arquitetos do amanhã, construindo pontes sobre o abismo do desconhecido e iluminando os recantos mais sombrios da ignorância com a luz da compreensão.

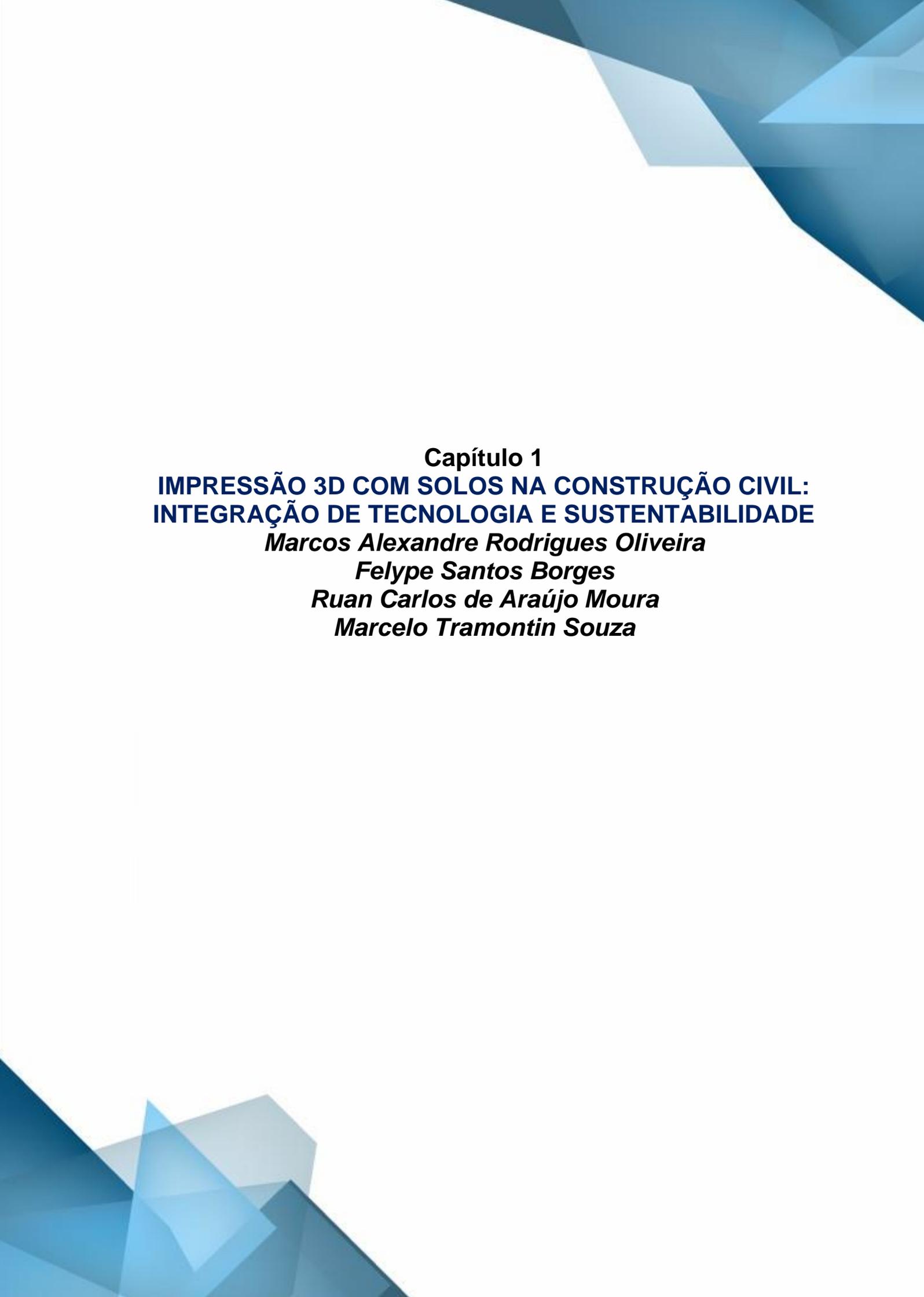
Ao longo dos séculos, a humanidade tem sido marcada por uma busca incessante pelo entendimento mais profundo do mundo que nos cerca e pelas ferramentas para moldar esse mundo de acordo com nossas aspirações. É nesse contexto que a ciência e a tecnologia emergem como as bússolas e as locomotivas de nosso progresso, guiando-nos através das complexidades do universo e impulsionando-nos em direção a novos horizontes de possibilidade.

Num mundo imerso em um incessante fluxo de transformação, é na intersecção entre ciência e tecnologia que vislumbramos os raios da esperança, desvendando os mistérios do cosmos e desbravando os horizontes do conhecimento.

Espera-se que a obra possa inspirar as mentes curiosas e incitar a busca pelo entendimento que saudamos a publicação deste trabalho notável. O livro busca ser um testemunho do poder transformador da ciência e da tecnologia, e como um lembrete constante de que, através da exploração e da inovação, podemos moldar um mundo mais promissor para as gerações vindouras.

SUMÁRIO

Capítulo 1 IMPRESSÃO 3D COM SOLOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE <i>Marcos Alexandre Rodrigues Oliveira; Felype Santos Borges; Ruan Carlos de Araújo Moura; Marcelo Tramontin Souza</i>	08
Capítulo 2 FORMAÇÃO CONTINUADA EM MATEMÁTICA: MODELAGEM E EXPLORAÇÃO DE CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA <i>Diogo Schröpfer; Patrícia Loriane Falk</i>	22
Capítulo 3 ENGENHARIA SOCIAL E SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO: ATAQUES À SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO COM FOCO NO SER HUMANO <i>Francisco Valdenir de Andrade Souza</i>	42
Capítulo 4 TENDÊNCIAS E AVANÇOS DA INTERNET DAS COISAS (IoT) NA CONSTRUÇÃO: MOLDANDO O FUTURO DO SETOR <i>Gabriela Birk</i> <i>Karla Luzia Alvares dos Prazeres; Lais Araújo Fernandes da Costa; Paulo Joviniano Alvares dos Prazeres</i>	60
Capítulo 5 O USO DAS TECNOLOGIAS NA SEGURANÇA PÚBLICA <i>Cledson Aparecido Rufato</i>	94
Capítulo 6 AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL DE COMPÓSITOS À BASE DE ARGILA REFORÇADOS COM FIBRAS VEGETAIS PARA SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL <i>Marcos Alexandre Rodrigues Oliveira; Felype Santos Borges; Ruan Carlos de Araújo Moura; Marcelo Tramontin Souza</i>	103
AUTORES	113



Capítulo 1
**IMPRESSÃO 3D COM SOLOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE**

Marcos Alexandre Rodrigues Oliveira

Felype Santos Borges

Ruan Carlos de Araújo Moura

Marcelo Tramontin Souza

IMPRESSÃO 3D COM SOLOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

Marcos Alexandre Rodrigues Oliveira

Mestrando em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais pela UESC. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela PUC Minas e MBA em Gestão de Projetos pela USP. Graduado em Engenharia Civil pela FMT. Atua como Professor de Ensino Superior, lecionando tanto na Pós-Graduação quanto na Graduação. E-mail: maroliveira.procimm@uesc.br

Felype Santos Borges

Mestrando em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais pela UESC. Possui graduação em Engenharia Civil pela UESC. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Ciência dos Materiais. E-mail: fsborges.egc@uesc.br

Ruan Carlos de Araújo Moura

Doutor em Engenharia Civil pela UFBA, Mestre em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais pela UESC, graduado em Engenharia de Produção pela UESC e técnico em Edificações pelo IFBA. Coordenador do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC/UESC) e revisor de periódicos. Atua no desenvolvimento de materiais para Engenharia Civil, com ênfase em concretos e compósitos poliméricos, reutilização de resíduos industriais e análise de durabilidade. Autor de artigos científicos em congressos e revistas especializadas. E-mail: rcamoura@uesc.br

Marcelo Tramontin Souza

Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSC. Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSC e graduado em Engenharia Cerâmica pela UNIBAVE. Atuou em pesquisa na Universidade de Aveiro e realizou pós-doutoramento na UFSC e na UNESC. Atualmente é Professor Visitante Adjunto na UESC, atuando em pesquisa sobre materiais industriais e biomateriais. E-mail: mtsouza@uesc.br

RESUMO

Este estudo explora a viabilidade da utilização da impressão 3D na construção de habitações sustentáveis, visando a redução de custos, prazos e impactos ambientais. O trabalho combina a tecnologia de impressão 3D com técnicas tradicionais da arquitetura popular, utilizando materiais naturais locais como solos argilosos e fibras vegetais. A manufatura aditiva na construção civil é contextualizada como parte da Revolução Industrial 4.0, com vantagens como construção rápida, baixo custo, designs complexos e menor cadeia produtiva. A implementação da impressão 3D busca endereçar desafios habitacionais globais, especialmente em assentamentos informais, oferecendo a possibilidade de construções acessíveis e sustentáveis. A pesquisa também aborda a aplicação da tecnologia em edificações de terra, destacando sua relevância para o desenvolvimento sustentável. A combinação de materiais naturais e a construção 3D podem catalisar uma transformação na indústria da construção, oferecendo soluções eficientes e acessíveis.

Palavras-chave: impressão 3D, construção sustentável, tecnologia, materiais naturais, industrial 4.0.

ABSTRACT

This study explores the feasibility of using 3D printing in the construction of sustainable housing, aiming to reduce costs, timelines, and environmental impacts. The work combines 3D printing technology with traditional techniques of vernacular architecture, using local natural materials such as clay soils and plant fibers. Additive manufacturing in civil construction is contextualized as part of the Industry 4.0 revolution, with advantages such as rapid construction, low cost, complex designs, and a shorter production chain. The implementation of 3D printing aims to address global housing challenges, particularly in informal settlements, offering the possibility of affordable and sustainable construction. The research also addresses the application of the technology in earthen buildings, highlighting its relevance for sustainable development. The combination of natural materials and 3D construction has the potential to catalyze a transformation in the construction industry, providing efficient and accessible solutions.

Keywords: 3D printing, sustainable construction, technology, natural materials, Industry 4.0.

INTRODUÇÃO

Na década de 1980, uma nova técnica de fabricação denominada prototipagem rápida surgiu globalmente. O engenheiro Charles Hull, co-fundador da 3D Systems, obteve a primeira patente para uma máquina de estereolitografia em 1986. A 3D Systems lançou a primeira máquina comercial de estereolitografia 3D, capaz de

imprimir camada por camada, em 1992. Esse processo, parte da fabricação baseada na adição sucessiva de camadas de material, é hoje conhecido como manufatura aditiva (AM) ou, mais comumente, impressão 3D, de acordo com Patterson et al (2015).

Neste contexto, a viabilidade da construção de edifícios através de impressoras 3D é objeto de estudo. De acordo com Anderson (2012), estamos testemunhando o advento de uma nova Revolução Industrial, marcada pela proliferação das impressoras 3D, antecipando uma nova forma e modelo de produção. A integração dessas máquinas na engenharia civil emerge como uma alternativa para reduzir custos, encurtar prazos e minimizar impactos ambientais.

Dentro do âmbito da manufatura aditiva na indústria da construção civil, este estudo visa combinar a tecnologia de impressão 3D com as técnicas tradicionais da arquitetura popular para a criação de biocasas utilizando materiais naturais locais. Materiais diversos, como solos silte argilosos e fibras vegetais, serão investigados quanto às suas propriedades reológicas, em comparação com sua extrudabilidade e capacidade de construção mediante manufatura aditiva. Os componentes impressos serão sujeitos a testes mecânicos para confirmar sua viabilidade estrutural. O desfecho incluirá a construção de um protótipo habitacional (em escala reduzida), feito a partir de matérias-primas naturais com propriedades reológicas otimizadas.

Segundo Farias (2013), a construção civil no Brasil ainda se caracteriza pelo uso de técnicas predominantemente artesanais e altamente ineficientes. O avanço tecnológico na construção não acompanhou o ritmo das áreas como tecnologia da informação e nanotecnologia. Isso resultou em problemas como baixa eficiência do trabalho em comparação com maquinário automatizado, maiores índices de acidentes, falta de trabalhadores qualificados e desafios de gerenciamento em canteiros de obras. A impressão 3D surge como uma promissora alternativa para a construção de habitações sustentáveis e acessíveis, minimizando o desperdício e substituindo a mão de obra manual no processo de assentamento de tijolos.

Estima-se que cerca de 850 milhões de pessoas vivam em assentamentos informais, ultrapassando a população dos Estados Unidos e da União Europeia juntos. Cidades no Sul Global, como Hanói, Mumbai, Bogotá, Buenos Aires e Rio de Janeiro, enfrentam desafios habitacionais significativos, onde os custos de moradia frequentemente excedem 200% ou 300% da renda. Em Caracas, os custos médios de moradia superam a renda em mais de 3.000%, de acordo com Flórida e

colaboradores (2018). No Brasil, com um déficit habitacional estimado em 7,7 milhões de unidades e programas governamentais direcionados a famílias de baixa renda, essas medidas não conseguem resolver o crescente déficit. Assim, a capacidade de construir estruturas de baixo custo com geometrias complexas, como a construção de casas populares, pode impulsionar a adoção ampla da tecnologia de impressão 3D em edifícios comerciais, como destacado por Estarque (2018).

O sistema construtivo em impressão 3D apresenta um crescimento notável nos últimos anos em todo o mundo. Dadas essas circunstâncias, a impressão 3D surge como uma alternativa promissora para a construção de habitações a um custo mais acessível, com prazos de construção mais curtos, a possibilidade de utilizar materiais locais e a minimização do desperdício. A incorporação de fibras naturais em argila e solos não é justificada apenas por razões ambientais, técnicas ou econômicas, mas também por motivos de sustentabilidade e viabilidade comercial, em consonância com Pereira et al. (2016).

REVISÃO DA LITERATURA

A Indústria 4.0 e a Manufatura Aditiva (MA)

Os avanços tecnológicos impulsionaram o aumento da produtividade industrial desde o início da Revolução Industrial, no século XVIII. Após as três revoluções industriais, nas quais foram vistos o advento das máquinas a vapor, o desenvolvimento das indústrias siderúrgica e petroquímica, com a eletricidade tendo um papel fundamental, e a automação dos processos industriais (SILVA, 2017), está acontecendo uma nova revolução cuja característica principal é a integração dos sistemas industriais por meio da internet (THAMES; SCHAEFER, 2017). Esta revolução está sendo chamada de *Quarta Revolução Industrial*, ou *Indústria 4.0*.

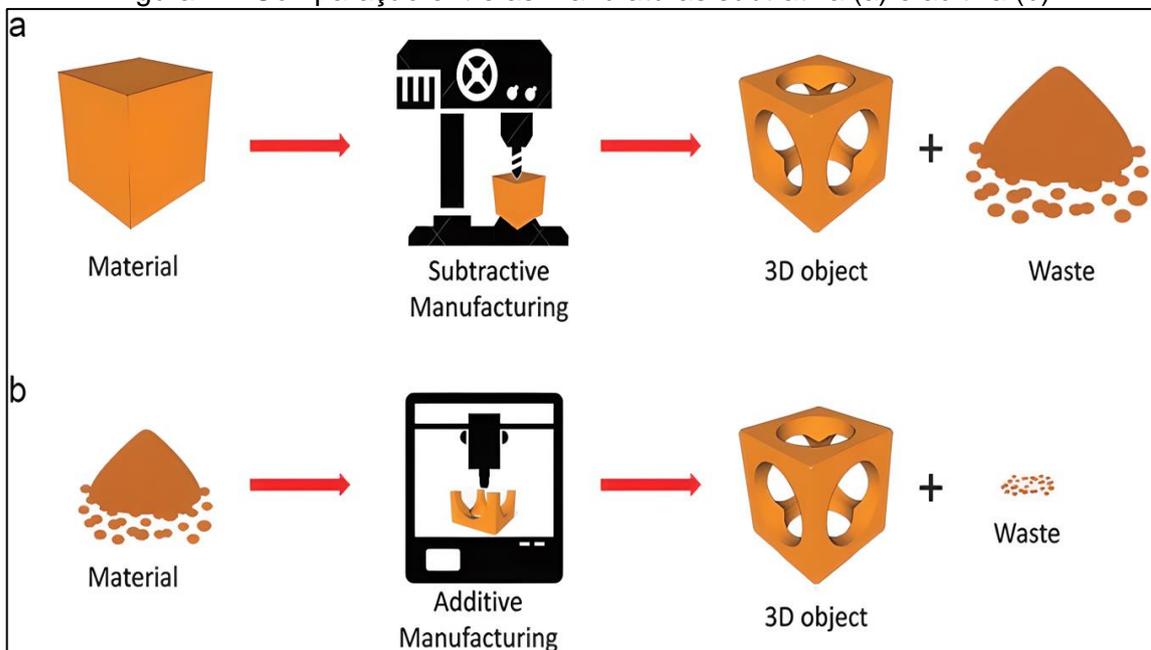
Rüssmann et al. (2015) explica a Indústria 4.0 através dos “nove pilares do avanço tecnológico”. Dentre eles, encontra-se a *manufatura aditiva* (MA), sobre a qual é citada como vantagens a possibilidade de construções mais complexas e customizadas, mais leves e a redução de custos com transporte e estocagem de materiais. Wang (2017) também cita redução de desperdícios e menor tempo na fabricação.

As técnicas para a MA variam de acordo com a sua aplicação. As maiores diferenças estão na matéria-prima utilizada, o estado físico do material e a adesão

entre as partículas do mesmo (GIBSON; ROSEN; STUCKER; 2015). Outros fatores incluem a dimensão da máquina de impressão 3D, as dimensões do bocal, a rapidez do bocal e as dimensões da área de trabalho (ABDULHAMEED et al., 2019). Tais variações permitem que a impressão 3D seja adequada para aplicação em várias indústrias, incluindo a aeronáutica, automotiva, biomédica, de educação, de construção e de saúde (MERCADO RIVERA; ROJAS ARCINIEGAS, 2020).

A MA faz parte, de acordo com Abdulhameed et al. (2019), de um grupo de cinco processos de manufatura, onde se encontram também as manufaturas subtrativa, de junção, de divisão e de transformação. A manufatura subtrativa pode ser confundida com a aditiva, por estar passando pelas mesmas transformações no âmbito da indústria 4.0, tais como a utilização de modelos computacionais em softwares CAD (*Computer Aided Design*, ou “desenho assistido por computador”, em inglês), e a utilização de “impressoras 3D” (ALMEIDA, 2021). Porém, os funcionamentos de ambos os métodos são bem diferentes em suas essências, como ilustrado na Figura 1 a seguir;

Figura 1 – Comparação entre as manufaturas subtrativa (a) e aditiva (b)



Fonte: Royal Society of Chemistry (2016) apud Chen et al. (2020)

Técnicas de impressão 3D para aplicação na construção civil

A indústria de engenharia e construção movimenta cerca de 10 trilhões de dólares por ano, ou aproximadamente 6% do PIB mundial. Seus produtos de valor são

as construções propriamente ditas, instalações de infraestruturas e demais “ativos de construção”, que atendem todas as demais indústrias (GERBERT et al., 2016). Entretanto, continuam os autores, ao contrário de outros setores, esta é uma indústria que resiste na adoção de novas tecnologias. El-Sayegh, Romdhane e Manjikian (2020) apontam para uma indústria de baixa produtividade e de tecnologias defasadas.

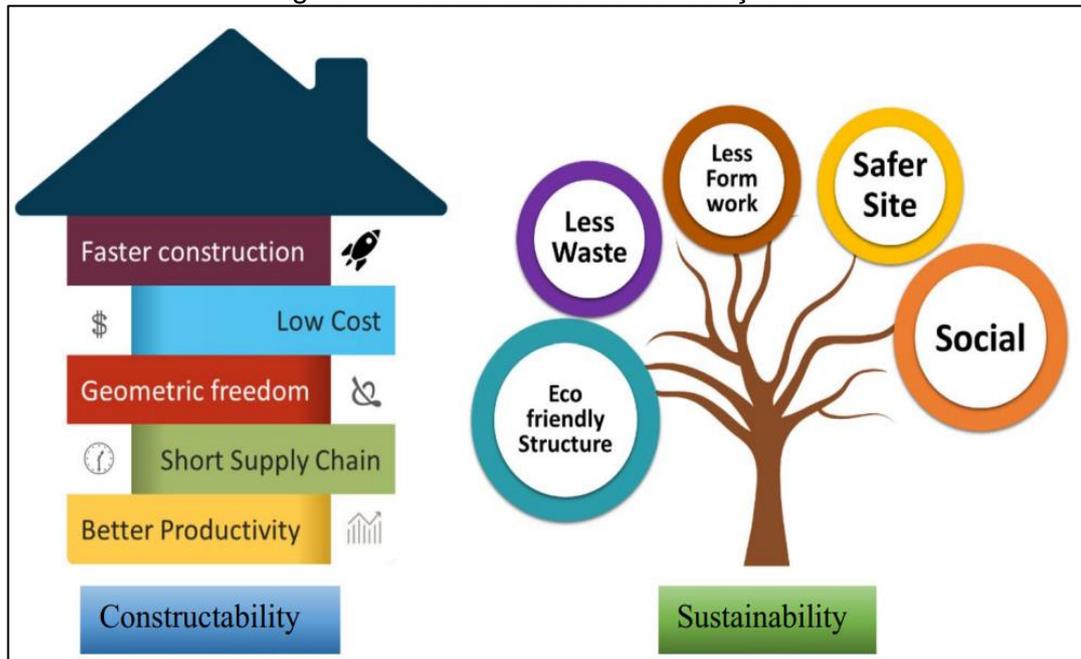
Dentro do contexto da MA, parte disto é explicada, e ao mesmo tempo ampliada, por uma certa ignorância tanto de operários do setor como de agentes externos, como mencionado por Almeida (2021), acerca do funcionamento deste novo método construtivo. De fato, o advento de novas tecnologias é acompanhado dos riscos inerentes a sua implementação, e no caso da impressão 3D na construção civil, podem ser citados riscos naturais – já existentes nas construções em geral, porém majorados com a utilização desta técnica –, necessidade de manutenção e manejo deficiente de materiais, além de riscos externos, tais como riscos políticos e socioeconômicos (EL-SAYEGH; ROMDHANE; MANJIKIAN, 2020). Falhas ao lidar com estes obstáculos traduzem-se em aumentos no orçamento e no prazo de entrega de projetos de construção (ANDI, 2006).

Uma outra parte do problema na implementação desta nova tecnologia pode ser atribuída à falta de proatividade da própria comunidade científica a respeito do tema. Tay et al. (2017) identificou a baixa frequência de publicação de artigos sobre impressão 3D até 2009, quando houve um claro aumento no interesse sobre a construção com impressão 3D, e que por consequência elevou o número de publicações relacionadas a esta área de pesquisa.

Vantagens da impressão 3D na construção civil

A Figura 2 mostra cinco benefícios que promovem o que é chamado de construtibilidade, através da impressão 3D. Ao lado, há também os benefícios que compõem a sustentabilidade: construção amigável ao meio ambiente, menos desperdício, menor utilização de fôrmas, local de obras mais seguro e questões sociais, que serão abordados nos tópicos seguintes.

Figura 2 – Os benefícios da construção 3D



Fonte: El-Sayegh, Romdhane e Manjikian (2020)

Com relação a construtibilidade, tem-se:

Construção rápida – Várias empresas do setor estão sendo capazes de construir edificações em menos de dois dias, a depender do tamanho. Kidwell (2017) afirma que a utilização de componentes pré-fabricados também contribui na redução do cronograma de execução. El-Sayegh, Romdhane e Manjikian (2020) chamam atenção sobre a capacidade dessas edificações em gerar receitas cada vez mais cedo, pois as construções são concluídas rapidamente. Em geral, a condensação de etapas no processo construtivo (como esquematizado na Figura 2) contribui para a rapidez na construção.

Baixo custo – Apesar dos altos custos iniciais, o custo com mão-de-obra cai drasticamente (ELFATAH, 2019). O custo com transporte e estocagem de materiais também reduz significativamente (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016. EL-SAYEGH; ROMDHANE, MANJIKIAN, 2020; YIN et al., 2022).

Liberdade geométrica – A possibilidade de designs complexos é característica da MA, reduzindo limitações técnicas, para os mais diversos setores (HOLMSTRÖM et al., 2010; GIBSON; ROSEN; STUCKER, 2015; ELFATAH, 2019). Na indústria da construção, El-Sayegh, Romdhane e Manjikian (2020) chamam atenção para a maior viabilidade de construção de edificações de design curvo. Kidwell (2017) afirma que a complexidade não gera custos adicionais no projeto.

Menor cadeia produtiva – A impressão 3D enxuga a cadeia produtiva ao diminuir riscos relacionados ao recebimento de materiais e a disponibilidade de equipamentos, além de viabilizar operações *on demand* (HOLMSTRÖM et al., 2010; FORMIGA; CARNEIRO, 2021). Empregar materiais encontrados localmente pode também reduzir o tempo de recebimento de materiais que antes deveriam ser entregues (GHAFFAR; CORKER; FAN, 2018).

Melhor produtividade – É consequência direta da automação da produção, aliada à redução da mão-de-obra, à redução de desperdícios e de impactos ambientais (EL-SAYEGH; ROMDHANE, MANJIKIAN, 2020).

Constata-se, ainda, melhorias em questões laborais. Hager, Golonka e Putanowicz (2016) argumentam que a impressão 3D na construção diminui acidentes e minimiza a poluição do ambiente de trabalho. Yin et al. (2022) exemplifica que a construção civil está sendo uma alternativa viável para trabalhadores de 60 anos após a adoção massiva desta tecnologia na China, inclusive tendo em vista que o Estado proibia até pouco tempo o trabalho manual na construção para esta faixa etária. A impressão 3D possibilita a construção, de forma segura, em condições hostis (frio extremo, por exemplo), e até a construção de habitats em ambientes extraterrestres, como a Lua e Marte (LEACH et al., 2012; ELFATAH, 2019).

Impressão 3D com solo e sustentabilidade

Toda a tecnologia da impressão 3D na construção foi desenvolvida para a adaptação do material mais utilizado neste setor: o concreto. Porém, a indústria da construção vem sendo confrontada com a responsabilidade de se adequar aos moldes do desenvolvimento sustentável, o que significa uma mudança no paradigma na produção, seleção e utilização dos materiais (MITTERBERGER; DERME, 2020). As construções de terra reduzem o impacto ambiental ao substituir materiais de construção convencionais, como o cimento (BARNES et al., 2022).

Entretanto, se a tecnologia da impressão 3D aplicada na construção é relativamente recente, mais ainda é a aplicação do solo como matéria-prima neste método construtivo (PERROT; RANGEARD; COURTEILLE, 2018). O que à primeira vista pode parecer um paradoxo, visto que as construções de terra têm sido erguidas desde os tempos históricos (BUI et al., 2009a, 2011; GOMAA et al., 2021). Alhumayani et al. (2020) afirma que a alta performance das construções de terra é conhecida

desde a antiguidade, e Bui et al. (2011) dá exemplos de construções centenárias que continuam de pé até hoje, como o apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Mansão de taipa construída há 300 anos, na França



Fonte: Bui et al. (2011)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre a aplicação da impressão 3D na construção civil com o uso de solos e materiais naturais locais revelou uma série de conclusões significativas. A integração da tecnologia de impressão 3D com métodos tradicionais da arquitetura vernacular destaca-se como uma abordagem promissora para a criação de habitações sustentáveis. Os resultados evidenciam que a manufatura aditiva na construção, inserida na Revolução Industrial 4.0, oferece vantagens como construção ágil, redução de custos, designs complexos e encurtamento da cadeia produtiva.

A pesquisa demonstrou que a aplicação da impressão 3D pode abordar desafios globais de habitação, especialmente em assentamentos informais, proporcionando oportunidades para construções acessíveis e sustentáveis. Além disso, a combinação inovadora de materiais naturais, como solos argilosos e fibras vegetais, com a tecnologia 3D pode catalisar uma transformação na indústria da construção, fornecendo soluções eficientes e acessíveis.

A relevância dos resultados obtidos fica evidente ao considerar o déficit habitacional e as demandas por moradia em contextos urbanos precários. A capacidade de construir estruturas de baixo custo e geometrias complexas oferece uma solução viável para enfrentar esses desafios e pode abrir caminho para a adoção ampla da impressão 3D na construção civil. Dessa forma, o estudo reforça a importância da inovação tecnológica alinhada à sustentabilidade para enfrentar as necessidades habitacionais globais e para impulsionar o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABDULHAMEED, O. et al. Additive Manufacturing: Challenges, trends and applications. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 11, n. 2, fev. 2019, p. 1-27.
- ALHUMAYANI, M. et al. Environmental assessment of large-scale 3D printing in construction: A comparative study between cob and concrete. **Journal of Cleaner Production**, v. 270, 10 out. 2020, 122463.
- ALMEIDA, J. F. de. **Adoção de Manufatura Aditiva (MA) para Metais em Empresas: Identificação de Barreiras e Proposta de Roteiro para Implementação**. 2021. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Processos e Gestão de Operações, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.
- ANDERSON, C. Makers A Nova Revolução Industrial. **Elsevier Brasil**, 2012.
- BARNES, S. et al. 3D printing of ecologically active soil structures. **Additive Manufacturing**, v. 52, abr. 2022, 102670.
- BUI, Q.-B. et al (2009a). Compression behaviour of non-industrial materials in civil engineering by three scale experiments: the case of rammed earth. **Materials and Structures**, v. 42, n. 8, out. 2009, p. 1101-1116.
- CHEN, C. et al. Additive Manufacturing of Piezoelectric Materials. **Advanced Functional Materials**, v. 30, n. 52, dez. 2020, 2005141.
- ELFATAH, A. S. A. 3D Printing in Architecture, Engineering and Construction (Concrete 3D Printing). **Engineering Research Journal**, v. 162, n. 0, jun. 2019, p. 119-137.
- ELFATAH, A. S. A. 3D Printing in Architecture, Engineering and Construction (Concrete 3D Printing). **Engineering Research Journal**, v. 162, n. 0, jun. 2019, p. 119-137.

EL-SAYEGH, S.; ROMDHANE, L.; MANJIKIAN, S. A critical review of 3D printing in construction: benefits, challenges and risks. **Archives of Civil and Mechanical Engineering**, v. 20, n. 2, jun. 2020, 34.

ESTAQUE M., “**Déficit habitacional e população de rua crescentes desafiam gestão Bolsonaro,**” <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2018/11/deficit-habitacional-e-populacao-de-rua-crescentes-desafiam-nova-gestao.shtml>, Nov. 18, 2018.

FARIAS, J. **Estudo de viabilidade técnica e econômica do método construtivo light steel framing numa residência unifamiliar de baixa renda.** 2013. 123 f. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008166.pdf>>. Acesso em 13 jul. 2017.

FLORIDA R.; Schneider B., “**The Global Housing Crisis,**” <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-04-11/the-housing-crisis-extends-far-beyond-superstar-cities>, Apr. 11, 2018.

FORMIGA, C. V. E.; CARNEIRO, M. L. Impressão 3D para construção civil: revisão da literatura e desafios. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 4, dez. 2021, p. 226-237.

GERBERT, P. et al. **The transformative power of building information modeling.** Boston Consulting Group, Boston, 2016. Disponível em: <<https://www.bcg.com/publications/2016/engineered-products-infrastructure-digital-transformative-power-building-information-modeling>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

GHAFFAR, S. H.; CORKER, J.; FAN, M. Additive manufacturing technology and its implementation in construction as an eco-innovative solution, **Automation in Construction**, v. 93, set. 2018, p. 1-11.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping and Direct Digital Manufacturing.** 2. ed. Springer Science+Business Media: Nova Iorque, 2015.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping and Direct Digital Manufacturing.** 2. ed. Springer Science+Business Media: Nova Iorque, 2015.

GOMAA, M.; JABI, W.; VELIZ REYES, A.; SOEBARTO, V. **3D printing system for earth-based construction: Case study of cob.** *Automation in Construction*, vol. 124, Apr. 2021. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103577.

HAGER, I.; GOLONKA, A.; PUTANOWICZ, R. 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? **Procedia Engineering**, v. 151, 2016, p. 292-299.

HOLMSTRÖM, J. et al. Rapid manufacturing in the spare parts supply chain: Alternative approaches to capacity deployment. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21, n. 6, 2010, p. 687-697.

KIDWELL, J. **Best Practices and Applications of 3D Printing in the Construction Industry**. California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 2017. Disponível em:

<<https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1090&context=cmisp>>. Acesso em: 08 nov. 2022.

KIDWELL, J. **Best Practices and Applications of 3D Printing in the Construction Industry**. California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 2017. Disponível em:

<<https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1090&context=cmisp>>. Acesso em: 08 nov. 2022.

MERCADO RIVERA, F. J.; ROJAS ARCINIEGAS, A. J. Additive manufacturing methods: techniques, materials, and closed-loop control applications. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 109, n. 1-2, jul. 2020, p. 17-31.

MITTERBERGER, D.; DERME, T. Digital soil: Robotically 3d-printed granular bio-composites. *International Journal of Architectural Computing*, v. 18, n. 2, jun. 2020, p. 194-211.

PATTERSON A.E; MESSIMER S. L, “**State-of-the-Art Survey of Additive Manufacturing Technologies, Methods, and Materials**,” 2015, doi: 10.13140/RG.2.2.33894.47684/2.

PEREIRA, D. A.; PEREIRA, M. S.; OLIVEIRA R. S. S.; MELO A. B.; CAVALCANTE A. L., “**PROJETO DE UMA BIOALVENARIA DE VEDAÇÃO A PARTIR DE TERRA CRUA: O CASO DO TIJOLO DE ADOBE**,” vol. 3, no. 3, pp. 64–75, 2014.

PERROT, A.; RANGEARD, D.; COURTEILLE, E. 3D printing of earth-based materials: Processing aspects. **Construction and Building Materials**, v. 172, 30 mai. 2018, p. 670-676.

RÜSSMANN, M. et al. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Boston Consulting Group, Boston, 2015. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries>. Acesso em: 07 nov. 2022.

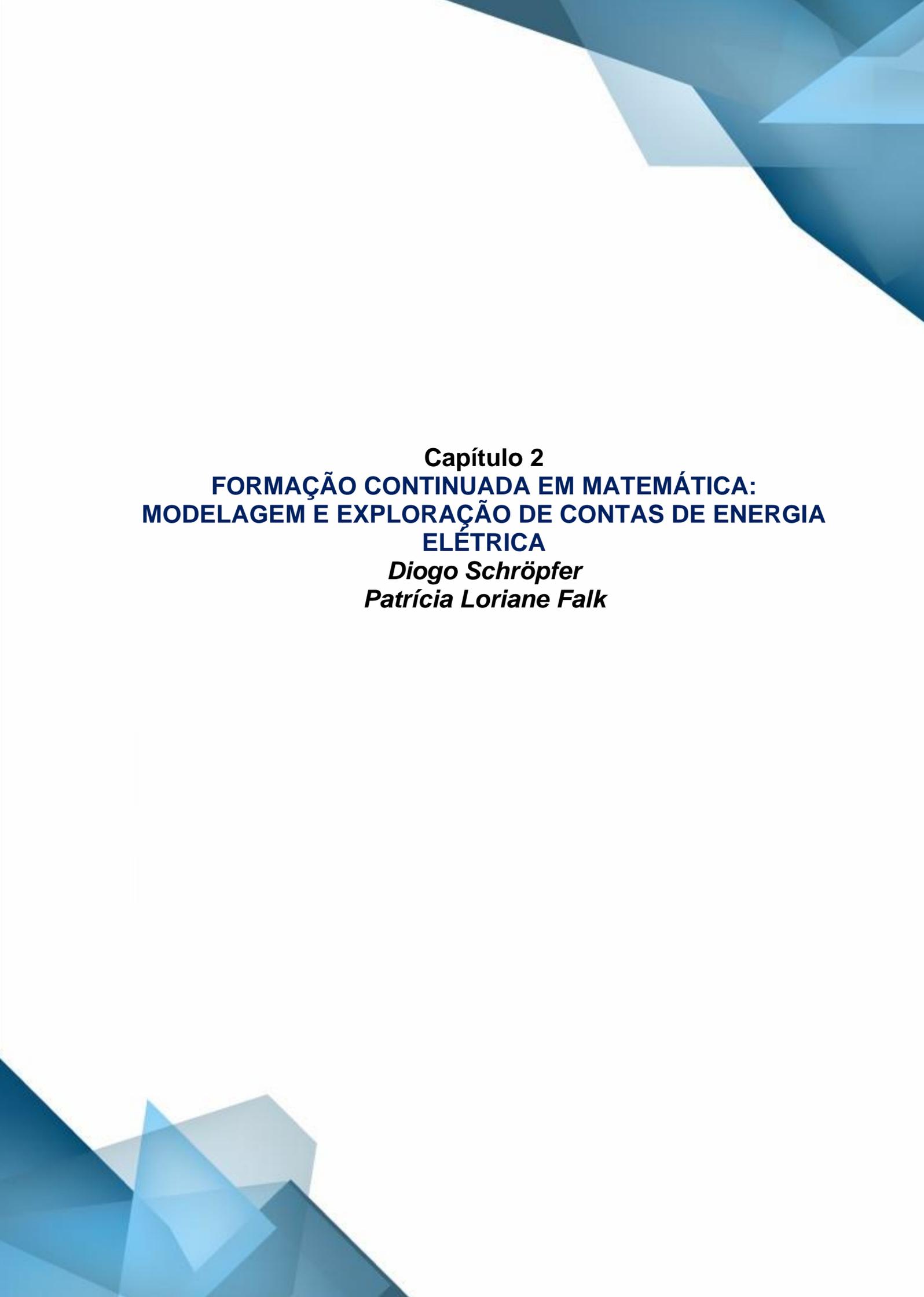
SILVA, D. G. da. **Indústria 4.0: Conceito, Tendências e Desafios**. 2017. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) – Departamento de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

TAY, Y. W. D. et al. 3D printing trends in building and construction industry: a review. **Virtual and Physical Prototyping**, v. 12, n. 2, 2017, p. 261-276.

THAMES, L.; SCHAEFER, D. Industry 4.0: An Overview of Key Benefits, Technologies, and Challenges. In: THAMES, L.; SCHAEFER, D. **Cybersecurity for Industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing**. 1. ed. Springer International Publishing: Londres, 2017. p. 1-34.

YIN, J. et al. Application of 3D Printing Technology in the Construction Industry and Its Development Prospects. In: Proceedings of the 2021 International Conference on Smart Technology and Systems for Internet of Things (STS-IOT 2021). **Proceedings...** Xangai: XU, Z.; YE, J.; LIU, W., 2022. p. 2-8.

ZHENG, L.; WU, H.; ZHANG, H.; DUAN, H.; WANG, J.; JIANG, W.; DONG, G.L; ZUO, J.; SONG, Q. **Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China**. Construction and Building Materials, n. 136, p. 405-413, 2017.



Capítulo 2
FORMAÇÃO CONTINUADA EM MATEMÁTICA:
MODELAGEM E EXPLORAÇÃO DE CONTAS DE ENERGIA
ELÉTRICA

Diogo Schröpfer
Patrícia Loriane Falk

FORMAÇÃO CONTINUADA EM MATEMÁTICA: MODELAGEM E EXPLORAÇÃO DE CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Diogo Schröpfer

Mestrado em andamento no Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Ensino de Física – Universidade Federal de Santa Maria (PPGEMEF – UFSM). Graduação completa - Licenciatura em Matemática - Instituto Federal Farroupilha - Campus Santa Rosa. E-mail: diogosc.26@gmail.com

Patrícia Loriane Falk

Mestrado em andamento no Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Ensino de Física – Universidade Federal de Santa Maria (PPGEMEF – UFSM). Graduação completa – Licenciatura em Matemática - Instituto Federal Farroupilha - Campus Santa Rosa. Professora Concursada na Rede Estadual do Rio Grande do Sul desde 2024. E-mail: patricia.2020002623@aluno.iffar.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma prática pedagógica realizada durante um encontro de formação continuada para professores de Matemática na rede municipal de Santa Rosa - RS. A prática, intitulada "Modelagem Matemática e a Álgebra explorando contas de energia elétrica", utilizou uma metodologia de ensino que promoveu a contextualização do conteúdo de Função Afim por meio da análise de contas de luz. O objetivo foi propor metodologias ativas que tornassem o ensino da Matemática mais atraente e diversificado. Foram utilizados recursos tecnológicos, como o software GeoGebra, para auxiliar na visualização gráfica das funções, proporcionando aos professores uma experiência prática e inovadora para o ensino de funções. Os resultados apontam para a importância da formação continuada, o uso de tecnologias em sala de aula e o impacto positivo da modelagem matemática como ferramenta para o desenvolvimento crítico e criativo dos estudantes.

Palavras-chave: Formação continuada, Modelagem Matemática, Ensino de Matemática, Função Afim, GeoGebra.

ABSTRACT

This paper presents a pedagogical practice carried out during a continuing education session for Mathematics teachers in the municipal network of Santa Rosa - RS. The practice, titled "Mathematical Modeling and Algebra Exploring Electricity Bills," used a teaching methodology that contextualized the content of linear functions through the analysis of electricity bills. The aim was to propose active methodologies that made Mathematics teaching more engaging and diverse. Technological resources such as GeoGebra software were used to assist in the graphical visualization of functions, providing teachers with a practical and innovative experience in teaching functions. The results highlight the importance of continuing education, the use of technology in the classroom, and the positive impact of mathematical modeling as a tool for the critical and creative development of students.

Keywords: Continuing education, Mathematical Modeling, Mathematics Teaching, Linear Function, GeoGebra.

INTRODUÇÃO

O ensino tradicional, no qual o aluno é agente passivo receptor de conhecimentos, precisa ser substituído por um processo no qual o discente é o protagonista no processo de ensino aprendizagem. Especificamente na área da Matemática, percebe-se uma disciplina em constante evolução, com novos métodos, abordagens e descobertas. Nesse viés, faz-se necessário que os docentes estejam em constante aprendizado, para acompanhar as novas demandas e tendências relacionadas ao processo de ensinar e a aprender.

Dessa forma, percebe-se o papel fundamental da Formação Continuada para professores atuantes da rede básica de ensino, a qual permite que eles se atualizem em relação às novas pesquisas realizadas na área da Matemática e incorporem esses avanços em suas aulas. Assim, a mesma se torna fundamental para garantir que os profissionais da educação estejam atualizados, motivados e preparados para enfrentar os desafios em constante evolução no campo educacional, contribuindo para a qualificação do ensino.

Por esses motivos, foi desenvolvida uma prática durante os encontros de Formação Continuada para os professores de Matemática da rede municipal de Santa Rosa - RS, a qual será descrita e refletida nesta escrita denominada Modelagem Matemática e a Álgebra explorando contas de energia elétrica: Uma aula de formação continuada para professores de Matemática.

Um dos objetivos da Prática Pedagógica em questão, foi a proposição de Metodologias Ativas para um Ensino de Matemática, tornando-o mais atraente e mostrando que essa disciplina pode ser ensinada de forma contextualizada e diversificada.

Sendo assim, foi utilizada a Metodologia de Ensino Modelagem Matemática no conteúdo de Função Afim, por meio de uma conta de luz. Inicialmente, foram retomadas as etapas da Modelagem Matemática através de slides. Em seguida, foi explorado uma conta de energia elétrica sem energia solar, e posteriormente, com energia solar, a fim de, chegar-se a uma Função Afim que determinasse o valor do consumo de energia em um determinado mês.

Essa experiência formativa que envolveu professores e acadêmicos, dividiu-se em vários momentos, cada qual com o intuito de destacar uma ou mais etapas da Metodologia utilizada. Além disso, foram utilizados Recursos Tecnológicos, como softwares e vídeos, demonstrando a importância das tecnologias em sala de aula.

Assim, essa prática pedagógica destaca a necessidade de uma abordagem mais participativa e contextualizada no ensino de Matemática, afastando-se do modelo tradicional passivo. Defende-se que a Formação Continuada é crucial nesse contexto, proporcionando atualização constante.

REFERENCIAL TEÓRICO

Devemos reconhecer a importância que o conteúdo de Funções possui ao longo da formação de um estudante, porém é nítido que tal conteúdo ainda é de difícil compreensão para muitos alunos, sendo necessário buscar diferentes meios de auxiliar neste entendimento. Conforme destacado pelos Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) é de extrema relevância a compreensão do conteúdo de Funções, uma vez que:

o estudo das funções permite ao aluno adquirir a linguagem algébrica como a linguagem das ciências, necessária para expressar a relação entre grandezas e modelar situações-problemas, construindo modelos descritivos de fenômenos e permitindo várias conexões dentro e fora da própria matemática (Brasil, 2006 p.121).

Como citado anteriormente, a prática consistiu em desenvolver a Modelagem Matemática como metodologia de ensino, esta ferramenta além de possibilitar gerar

estimativas de resultados, vem ganhando destaque positivo nas salas de aula, levando em consideração seu potencial estratégico, capaz de instigar o aluno, conforme Biembengut:

Crescente ainda tem sido o número de preleções sobre pesquisas e/ou relatos de experiências em sala de aula apresentados em eventos de Educação e de Modelagem na Educação Matemática [...]. Muitos professores se interessam em fazer uso da Modelagem em suas práticas pedagógicas devido a um contato primeiro com produções, ou atividades que incentivem a utilização (2016, p. 164-165).

Entretanto é possível evidenciar que a aplicação não somente da Modelagem Matemática, mas sim as diversas metodologias de ensino da Matemática enfrentam certa resistência em serem trabalhadas, levando em consideração o modelo ainda tradicional de ensino, intrínseco na grande maioria das escolas:

A maior dificuldade que notamos para a adoção do processo de modelagem, pela maioria dos professores de matemática, é a transposição da barreira naturalmente criada pelo ensino tradicional onde o objeto de estudo apresenta-se quase sempre bem delineado, obedecendo a uma sequência de pré-requisitos e que vislumbra um horizonte claro de chegada – tal horizonte é muitas vezes o cumprimento do programa da disciplina (Bassanezi, 2013, p.43).

Levando em consideração tal cenário, e reconhecendo a necessidade de trazer uma nova perspectiva para o ensino, a Modelagem Matemática está se mostrando como uma importante metodologia de ensino, adquirindo relevância dos temas que permeiam o processo de ensino e aprendizagem, através da referida metodologia. É possível encontrar um modelo matemático, oportunizando assim, que os alunos correlacionem os conceitos didáticos com o cotidiano. Seguindo este viés,

A modelagem matemática constitui-se em um conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar, matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano, ajudando-o a fazer previsões e a tomar decisões (Burak, 1992, p. 62).

Para Bassanezi, existem alguns argumentos essenciais para a prática da modelagem em sala de aula:

1. Argumento formativo - [...] desenvolver capacidade em geral e atitudes dos estudantes, tornando-se explorativos, criativos e

habilidosos na resolução de problemas.

2. Argumento de competência crítica - focaliza a preparação dos estudantes para a vida real como cidadãos atuantes na sociedade[...]
3. Argumento de utilidade - enfatiza que a instrução matemática pode preparar o estudante para utilizar a matemática como ferramenta para resolver problemas em diferentes situações e áreas.
4. Argumento intrínseco – considera que a inclusão de modelagem fornece ao estudante um rico arsenal para entender e interpretar a própria matemática em todas suas facetas.
5. Argumento de aprendizagem – garante que os processos aplicativos facilitam ao estudante compreender melhor os argumentos matemáticos, guardar os conceitos e os resultados, e valorizar a própria matemática (2002, p. 36).

Outro aspecto importante a ser mencionado é o objetivo central da modelagem matemática, não se preocupando exclusivamente com o resultado obtido, mas sim, a aplicação bem sucedida das etapas que esta metodologia consiste, ainda segundo Bassanezi:

A modelagem no ensino é apenas uma estratégia de aprendizagem, onde o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido mas, caminhar seguindo etapas onde o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado. Com a modelagem o processo de ensino-aprendizagem não mais se dá no sentido único do professor para o aluno mas como resultado da interação do aluno com o seu ambiente natural (2009, p. 38).

Portanto a Modelagem Matemática permite a construção de um conjunto de procedimentos que vão de encontro a solução do problema proposto, enfatizando a elaboração do modelo, não o seu resultado propriamente dito. Além disso, esta metodologia permite ao aluno o engajamento à pesquisa, desenvolvendo desta forma seu senso crítico, auxiliando no engajamento para com a disciplina, conforme Biembengut a modelagem é:

...um caminho para despertar no aluno o interesse por tópicos matemáticos que ele ainda desconhece, ao mesmo tempo que aprende a arte de modelar, matematicamente. Isso porque é dada ao aluno a oportunidade de estudar situações-problema por meio de pesquisa, desenvolvendo seu interesse e aguçando seu senso crítico (2005, p. 18).

Partindo destas premissas e objetivando incorporar o trabalho proposto, acrescentamos a utilização de tecnologias no desenvolvimento da prática, uma vez que elas auxiliam no entendimento cognitivo do estudante. As tecnologias são ferramentas valiosas na abordagem didática, capacitando a construção dos conhecimentos dos alunos.

Não há dúvida de que as novas tecnologias de comunicação e informação trouxeram mudanças consideráveis e positivas para a educação. Vídeos, programas educativos na televisão e no computador, sites educacionais, softwares diferenciados transformam a realidade da aula tradicional, dinamizam o espaço de ensino e aprendizagem, onde, anteriormente, predominava a lousa, o giz, o livro e a voz do professor (Kenski, 2007, p. 46).

Com o auxílio das tecnologias foi trabalhada a construção de uma Função Afim através do *software* Geogebra, o qual permite trabalhar em tempo real, experimentar os resultados obtidos, além de observar visualmente o comportamento da função propriamente dita. Além disso, o Geogebra é de fácil acesso e possui uma linguagem simples, tanto para os professores quanto para os alunos.

As características do Geogebra potencializam a constituição de cenários para investigação, nos quais o aluno é capaz de experimentar situações em um processo dinâmico. Entende-se que as atividades e tarefas propostas na pesquisa constituem situações que possibilitam e estimulam a investigação e o questionamento, convidando o aluno a descobrir, formular questões, procurar respostas, levantar e verificar conjecturas (Pereira *et al.*, 2012, p. 32).

Levando em consideração tais aspectos, podemos reconhecer a significância que tal metodologia implica na capacitação da construção dos conhecimentos por parte dos alunos, além do mais, a Modelagem Matemática infere diretamente na motivação dos estudantes, demonstrando assim, ser uma prática efetiva, capaz de esclarecer dúvidas e auxiliar na compreensão dos conteúdos que estão sendo abordados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Prática Pedagógica foi realizada no Instituto Federal Farroupilha, em um encontro com 17 professores atuantes da rede municipal de ensino no município de Santa Rosa - RS, durante 01 hora e 30 minutos, no turno da manhã.

Foi utilizada a Metodologia de Ensino Modelagem Matemática, ressaltando-se aos professores que ao utilizá-la deve-se motivar a escolha do tema através do interesse dos alunos, através de pesquisas que desenvolvam os conteúdos matemáticos pertinentes, permitindo, assim, que a Matemática do mundo real esteja presente nas escolas.

No caso dessa prática, foi explorada uma conta de luz e o conteúdo abordado foi Função Afim, demonstrando que a tarifa de energia elétrica é calculada em função do número de Kwh gasto por mês, sendo assim quem consome mais paga mais, quem consome menos paga menos, ainda, que existem outras tarifas fixas, que não dependem dos Kwh gastos, como a iluminação pública. Dessa forma, o valor total da conta de luz é dada pelo valor das tarifas multiplicados pelos Kwh, mais as taxas fixas.

De forma semelhante ocorreu com a energia solar. Para despertar a atenção dos professores a esse tema, foi proposto um momento de diálogo, bem como aspectos importantes sobre a história da energia solar. Somente em seguida, foi explorada a conta de luz.

Além disso, foi utilizado o recurso tecnológico *softwaregeogebra* para mostrar aos professores que esse recurso proporciona um ambiente inovador, no qual os alunos podem ser sujeitos ativos na sua aprendizagem, além de proporcionar uma aproximação com a realidade e o mundo das tecnologias que os educandos estão habituados.

O *software* permite a manipulação dinâmica de objetos matemáticos, como pontos, retas e gráficos. Isso é especialmente útil ao explorar como as mudanças em uma variável afetam outras variáveis na Modelagem Matemática, especificamente os coeficientes da função. O *software* também é uma possibilidade de representar graficamente a função afim.

Para acompanhamento e registro, foi entregue aos docentes um roteiro contendo o passo a passo da atividade no Geogebra, tal como as questões investigativas realizadas durante a prática.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No início da formação com os professores, os acadêmicos optaram por retomar as etapas da modelagem conforme Biembengut e Hein (2007). Esta revisão não apenas retomou a memória, mas também foi uma estratégia fundamental para consolidar os conceitos sobre a modelagem já trabalhados na formação anterior, e para garantir que todos os envolvidos estejam preparados para a tarefa seguinte. Além disso, notamos que essa atividade fez com que eles se sentissem mais seguros e esclarecidos durante o processo, refletindo positivamente em sua abordagem e interações ao longo de todas as etapas.

Após essa revisão, os professores foram convidados a assistir um vídeo explicativo e introdutório sobre a conta de luz. O vídeo ofereceu uma análise abrangente da conta de energia elétrica, explicando conceitos, siglas e componentes essenciais presentes no documento. Além de abordar tarifas, impostos e encargos, ele destacou dados relevantes como dados de leitura e vencimento da fatura, entre outros conceitos, uma etapa que se mostrou essencial para familiarizá-los com o tema (Figura 1). O vídeo introdutório proporcionou um contexto real para os conceitos abstratos discutidos na revisão anterior. Ao trazer um exemplo prático e aplicado, os professores puderam associar as etapas da modelagem a um cenário real, como o cálculo da conta de luz.

Figura 1 - Vídeo sobre a conta de luz.



Fonte: Os autores (2023)

Usar vídeos como uma ferramenta de engajamento nas aulas é extremamente benéfico, pois a variedade de conteúdos que os vídeos podem oferecer é uma vantagem marcante. Desde projeções práticas até animações, entrevistas ou documentários, essa diversidade de formatos mantém o interesse das pessoas e estimula a curiosidade, tornando o aprendizado mais atraente. Além disso, os vídeos têm a capacidade de simplificar conceitos complexos, facilitando a compreensão e o desenvolvimento do conhecimento. Ao apresentar informações, que antes eram abstratas, eles tornam o conteúdo mais acessível e fácil de assimilar. Ainda Moran menciona que:

A internet é uma mídia que facilita a motivação dos alunos, pela novidade e pelas possibilidades inesgotáveis de pesquisa que oferece. Essa motivação aumenta se o professor cria um clima de confiança, de abertura, de cordialidade com os alunos (2013, p. 58).

O objetivo de proporcionar aos docentes uma experiência com vídeo era que eles pudessem pensar como os alunos. Essa ativação permite que compreendam o impacto do método no envolvimento dos alunos, facilitando a percepção da importância desse recurso no processo educativo. Ao experimentarem o poder de engajamento dos vídeos, os professores são motivados a integrar essa ferramenta em suas próprias aulas. Eles reconhecem a eficácia desse recurso e são incentivados a explorar novas metodologias de ensino, tornando suas aulas mais diversificadas e eficientes.

Após assistir aos vídeos, uma etapa crucial foi a realização de questionamentos direcionados aos professores como parte do processo de familiarização com o tema, conforme mencionado por Biembengut e Hein (2007). Essas perguntas visaram não apenas testar o conhecimento recém-adquirido, mas também aprofundar a compreensão do conteúdo e sua aplicação prática. O diálogo promovido após as perguntas foi extremamente importante, pois permitiu que todos os participantes compartilhassem suas percepções, dúvidas e reflexões sobre o tema em discussão. Esse momento de interação coletiva foi fundamental para perceber a importância e a relevância do tema a ser modelado.

Ao discutir coletivamente as respostas às perguntas como “Ao receber a conta de luz, você observa apenas o valor total a pagar ou outros itens? Quais?”, “Quais outros valores, além dos kWh gastos são cobrados na conta de luz?”. Os professores puderam conectar os pontos entre o conhecimento teórico apresentado nos vídeos, as questões levantadas e a aplicação prática desses conceitos na modelagem. Esse exercício coletivo de análise e reflexão ajudou a solidificar o entendimento do tema e a destacar sua relevância no contexto educacional. Além disso, esse processo de diálogo e reflexão compartilhado reforça a compreensão de como os conceitos teóricos podem ser implementados na prática pedagógica. Foi um momento de consciência coletiva, onde os professores puderam reconhecer a importância e o potencial do tema a ser modelado em suas próprias práticas de ensino.

A dinâmica de assistir aos vídeos, responder perguntas e discutir coletivamente não apenas fortaleceu o entendimento do conteúdo, mas também promoveu um ambiente de aprendizado colaborativo e participativo. Dessa forma, orientamos os docentes na formação para estimular a participação dos alunos, pois essa participação promove o desenvolvimento de habilidades críticas. Os alunos são encorajados a pensar criticamente, questionar, expressar suas ideias e considerar diferentes

perspectivas. Isso contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de análise, além de estimular o pensamento independente.

Ainda, Valente (1999) afirma que o professor deve se colocar no papel de facilitador da construção do conhecimento, agindo como mediador no processo de construção do conhecimento desencadeado pelos participantes, fazendo do aprendiz um elemento ativo neste processo. O papel do professor é essencial como mediador do conhecimento nesse contexto. Ao incentivar e facilitar a participação dos alunos, o professor atua como um mediador, esclarecendo dúvidas, direcionando a discussão e integrando diferentes perspectivas dos estudantes criando um ambiente propício para a construção coletiva do conhecimento.

Além disso, conforme Vygotsky (2003) é através da participação ativa e da atuação autônoma dos estudantes, é que eles desenvolvem uma aprendizagem significativa. Quando os alunos se envolvem ativamente nas atividades de aprendizagem, questionando, interagindo e explorando os conteúdos por conta própria, eles constroem um conhecimento mais profundo e duradouro.

Na sequência da formação ocorreu a explicação sobre os componentes e cálculos presentes em uma fatura de serviços públicos. Muitos conceitos relacionados a contas de serviços podem ser complexos ou desconhecidos para alguns, então essa apresentação foi uma oportunidade para abordar todos os conceitos envolvidos na conta de luz e garantir que todos os docentes partissem do mesmo entendimento. Para facilitar a compreensão dos componentes envolvidos na conta de energia elétrica, compartilhamos com os professores uma fatura de energia como exemplo. A partir desta fatura, realizamos uma análise conjunta dos dados apresentados nela, utilizando questões orais para orientar a reflexão, tais como: "Quantos kWh foram consumidos neste mês?", "Qual o valor a ser pago pelo Consumo do Uso do Sistema - TUSD ?", "Qual o valor a ser pago pelo Consumo TE de energia?" e "Há um valor cobrado pela Contribuição de Iluminação Pública (IP-CIP), qual é este valor? Este valor depende do consumo de energia?"

Para auxiliar na interpretação desses dados, explicamos o significado de algumas siglas presentes na fatura de energia. Por exemplo, esclarecemos que Consumo - TE se refere à Tarifa de Consumo de Energia (R\$/kWh), que representa o valor cobrado por cada quilowatt-hora consumido. A TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) indica o valor pago pelo transporte de energia até a residência, referente à utilização do sistema de distribuição. Já a Contribuição de Custeio IP-CIP

(Imposto de Custeio de Iluminação Pública Municipal) é o valor cobrado para custear a iluminação pública da cidade e pode variar de acordo com o consumo de energia.

Esse exercício prático e a explicação das siglas presentes na fatura de energia visaram familiarizar os professores com os elementos fundamentais envolvidos na conta de energia elétrica, capacitando-os a compreender e discutir esse tema de forma mais abrangente e aplicável em contextos educacionais.

Neste momento, os professores estão encorajados a pensar criticamente sobre os dados da conta de energia apresentados anteriormente. Eles são desafiados com a pergunta: "Observando a questão anterior e os dados da conta, representa, através de um modelo matemático, como podemos calcular o valor da conta mensal de energia elétrica?"

Essa pergunta visa estimular o desenvolvimento de um modelo matemático que relacione os diferentes componentes presentes na conta de energia elétrica para calcular o valor total a ser pago. Eles são incentivados a considerar as tarifas de consumo de energia (TE), tarifas de uso do sistema (TUSD) e outros encargos presentes na fatura, bem como os respectivos valores de consumo de quilowatt-hora.

Os professores são desafiados a aplicar conceitos matemáticos, como operações aritméticas e fórmulas, para criar um modelo que permita calcular o valor total da conta de energia elétrica com base nos dados fornecidos na fatura (Figura 2).

Figura 2: Conta de luz.

Descrição da operação Nº 905304141771	Unid. Med.	Quant. Faturada	Tarifa ANEEL	Tarifa com tributos RS	Valor total da operação RS	Base Cálcl. ICMS	Aliq. ICMS %	ICMS	PIS 0,98%	COFINS 4,49%	Tributo	Base de Cálcl. (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
Consumo Uso Sistema [kWh]-TUSD OUT/23	kWh	126.0000	0.42909000	0.54690477	68,91	68,91	17,00	11,71	0,56	2,57	ICMS	115,56	17,00	19,64
Consumo - TE OUT/23	kWh	126.0000	0.29047000	0.37023810	46,65	46,65	17,00	7,93	0,38	1,74	PIS/PASEP	95,92	0,98	0,94
Total Distribuidora					115,56						COFINS	95,92	4,49	4,31
DÉBITOS DE OUTROS SERVIÇOS											Consumo / kWh			
Contribuição Custeio IP-CIP OUT/23					11,17						Consumo faturado		Nº dias	
											OUT 23	126	32	
Total consolidado					126,73	115,56		19,64	0,94	4,31				

Fonte: Os autores (2023)

Neste momento da atividade, os professores estavam altamente engajados e participativos. Um fator de grande importância foi a dinâmica de trabalho coletivo entre eles, ilustrada na Figura 3, onde se observava um diálogo ativo e colaborativo. Eles estavam envolvidos em discussões e trocas de ideias para encontrar um modelo matemático que representasse o valor da conta de energia elétrica.

Figura 3: Professores criando o modelo.

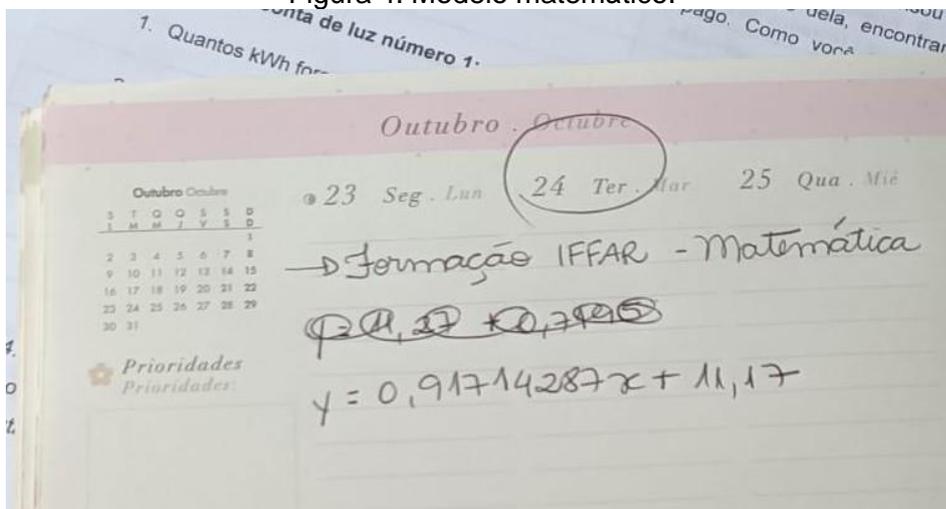


Fonte: Os autores (2023)

Ao registrar as interações dos professores, foi possível perceber o processo colaborativo, onde trocaram informações, testaram diferentes abordagens e compartilharam conhecimentos para alcançar um modelo que melhor representasse a situação proposta.

No registro realizado por um dos docentes na Figura 4, foi descrito o modelo matemático encontrado pelo grupo. Esse modelo provavelmente incorporava elementos como tarifas de consumo de energia, tarifas de uso do sistema e outras taxas, combinadas com fórmulas ou equações que permitiam calcular o valor total da conta de energia elétrica com base nos dados fornecidos.

Figura 4: Modelo matemático.



Fonte: Os autores (2023)

Essa colaboração entre os professores não apenas declarou o envolvimento ativo deles no processo de aprendizagem, mas também ressaltou a importância do trabalho em equipe e da troca de ideias para a construção coletiva do conhecimento. Essa abordagem colaborativa não só fortaleceu o entendimento do tema, mas também promoveu o compartilhamento de experiências e estratégias entre os educadores.

Após a descoberta do modelo matemático que representa o cálculo do valor da conta de energia elétrica, procedeu-se à etapa de validação desse modelo. Foi previsto que a função $f(x)$ representaria o valor total da fatura a ser paga, onde x é a quantidade de quilowatt-hora (kWh) consumida no mês.

Em seguida, foi calculado o valor real a ser pago naquele mês utilizando a função encontrada. Isso é a validação da função matemática obtida, onde os valores reais de consumo seriam inseridos na função para verificar se os resultados correspondiam aos valores efetivamente pagos na conta de energia elétrica.

A modelagem da conta de luz, conforme proposta pelos professores na situação anterior, reflete a abordagem destacada por Bassanezi (2013) sobre o papel da Matemática. Segundo o autor, a Matemática pode ser utilizada ou como ferramenta para a vida, onde o aluno desenvolve a capacidade de manejar situações reais que se apresentam a cada momento, de maneiras distintas.

Ao utilizar a modelagem matemática na conta de energia elétrica, os professores possibilitaram aos alunos uma visão prática e aplicável dos conceitos matemáticos. Essa abordagem proporciona aos estudantes a oportunidade de lidar com situações reais do cotidiano, permitindo-lhes compreender e lidar com questões práticas, como o cálculo do valor da fatura de energia, de formas diversas e contextualizadas.

Os alunos desenvolvem habilidades para compreender as especificidades da conta de energia elétrica, identificar os diferentes componentes envolvidos nessa questão e utilizar fórmulas ou modelos matemáticos para calcular o valor total da fatura. Isso capacita os estudantes a agir de forma analítica e proativa diante de situações que envolvem o cálculo de despesas e tomada de decisões.

Após os acadêmicos apresentarem o aplicativo GeoGebra aos docentes (Figura 5), focando na utilização para trabalhar com gráficos de funções afins, o grupo explicou detalhadamente o funcionamento da ferramenta. Foram fornecidas

instruções sobre como usar o aplicativo, enfatizando sua interface e as etapas para representar graficamente uma função linear.

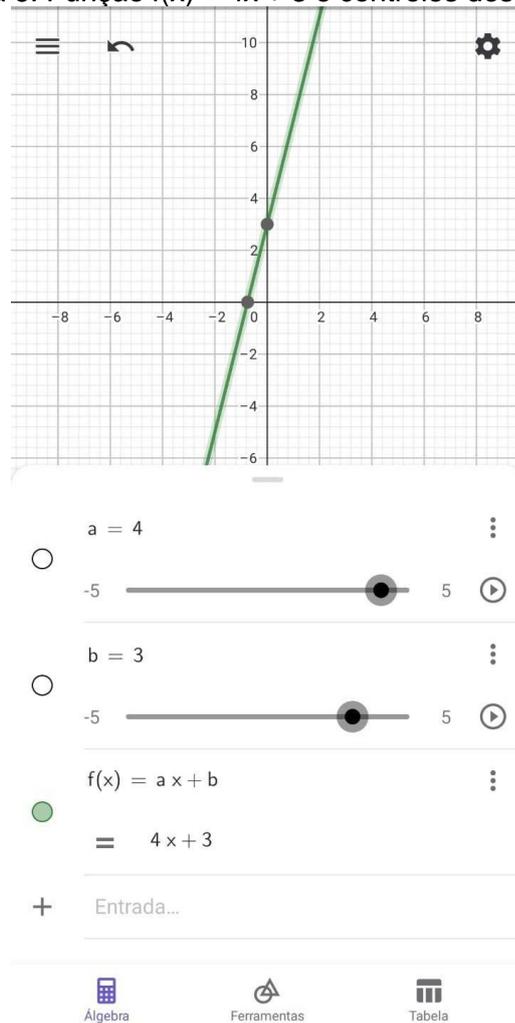
Figura 5 - Professores usando o aplicativo Geogebra



Fonte: Os autores (2023)

Além disso, foi oferecido esclarecimento sobre conceitos como o coeficiente angular e o coeficiente linear, destacando a importância desses elementos na representação gráfica de uma função linear. Os professores utilizaram os controles deslizantes no GeoGebra como uma ferramenta dinâmica e interativa para compreender como cada coeficiente afeta o gráfico das funções (Figura 6). Através desses controles, eles puderam ajustar os valores dos coeficientes de forma independente, o que proporcionou uma visualização imediata das mudanças nos gráficos das funções. Essas orientações buscaram capacitar os professores para integrar o uso desse software em suas aulas, permitindo-lhes explorar o GeoGebra como uma ferramenta eficaz no ensino de funções lineares e no estímulo à compreensão visual dos conceitos matemáticos.

Figura 6: Função $f(x) = 4x + 3$ e controles deslizantes



Fonte: Geogebra (2023)

O GeoGebra apresenta como “diferencial a possibilidade de representação de objetos, como, por exemplo, pontos, retas, segmentos de retas, planos, polígonos e gráficos de funções, possibilitando a fluência entre as representações tão algébricas quanto geométricas” (SOARES, 2012, pg. 71). Portanto, essa ferramenta surge como um recurso didático essencial, oferecendo uma ampla gama de funcionalidades para expandir o estudo das Funções. Ela possibilita a exploração dinâmica de abordagens tão algébricas quanto geométricas, enriquecendo o aprendizado de forma interativa e dinâmica.

Ademais, trabalhar com o software GeoGebra no contexto de funções oferece uma abordagem visual e interativa que é fundamental para os alunos compreenderem os conceitos matemáticos de maneira mais significativa. A visualização gráfica fornecida pelo GeoGebra permite que os alunos observem graficamente como diferentes valores de coeficientes afetam a forma e a posição dos

gráficos de uma função. Isso possibilita uma compreensão mais profunda das relações entre os valores das variáveis e a aparência dos gráficos.

Além disso, ao permitir que os alunos manipulem os parâmetros da função, como coeficiente angular e coeficiente linear, o GeoGebra possibilita a experimentação e a exploração de diversas situações. Essa abordagem interativa capacita os alunos a fazer conexões entre a representação gráfica e a inovação algébrica da função, promovendo uma compreensão mais holística dos conceitos matemáticos.

Ao visualizar e manipular os gráficos das funções no GeoGebra, os alunos desenvolvem habilidades de interpretação dos resultados. Eles podem observar como as alterações nas configurações afetam a posição, a orientação e a forma dos gráficos, permitindo-lhes fazer variações e inferências sobre o comportamento das funções. Isso os capacita a interpretar e analisar as relações matemáticas de maneira mais intuitiva e prática.

Ao final, os docentes receberam uma conta de luz com energia solar para análise, na qual se explicou que as linhas Energia Injetada TUSD e Energia Injetada TE representam a energia gerada pela usina fotovoltaica. Após parte dessa energia ser consumida pelo proprietário, o excedente é automaticamente injetado na rede da distribuidora.

Foi esclarecido que o Custo de Disponibilidade de Energia, conhecido popularmente como taxa mínima, corresponde ao valor cobrado pelas especificações pela disponibilidade integral do serviço, independente do consumo efetivo. Por fim, os professores desenvolveram um modelo para a conta de luz com energia solar e realizaram a validação desse modelo, possivelmente para verificar a precisão do cálculo em relação aos valores reais da fatura.

CONSIDERAÇÕES

De forma geral, percebemos que essa prática pedagógica desempenhou um papel de grande valia em nossa formação inicial, pois ofereceu a nós futuros professores oportunidades concretas de aprimorar conhecimentos teóricos em um contexto real de sala de aula, colocando em prática os conhecimentos construídos ao longo da graduação.

Dessa forma, a proposta explorada durante a formação continuada expôs aos professores uma Metodologias de Ensino diversificada através de uma Prática Pedagógica dinâmica, com o intuito de mostrar caminhos para os docentes diversificarem suas estratégias de ensino, de modo a tornar suas aulas mais interessantes, contextualizadas e acessíveis às diferentes necessidades de aprendizagem dos alunos.

Ministrar uma aula para professores experientes, com anos de docência e especializações não foi uma tarefa simples. Além do mais, muitos destes profissionais da educação são adeptos ao método tradicional de ensino, com uso do método expositivo, e lhes apresentar uma proposta inovadora foi desafiante. Porém, obtivemos boa aceitação e esperamos que esse aprendizado seja reproduzido em sala de aula com seus respectivos alunos.

Ainda, durante toda a Prática foram realizados momentos de diálogos e discussão, levando-se em consideração os aspectos trazidos pelos professores, e suas vivências. Assim, foi possível incentivá-los a refletirem sobre suas práticas e identificarem áreas para melhoria, contribuindo para um ciclo contínuo de desenvolvimento profissional.

Outro ponto relevante a ser destacado, foi a utilização do *software* Geogebra. para que os docentes percebessem que a implementação das tecnologias em sala de aula não é algo inviável, e motivá-los a utilizá-las posteriormente em suas aulas. Afinal, a tecnologia pode proporcionar recursos educacionais inovadores e motivar os alunos a se envolverem mais com a disciplina, já que é algo que está presente em seu cotidiano.

Além disso, a Metodologia e o Recurso tecnológico utilizado, ambos apresentam resultados satisfatórios. Embora utilizar a Modelagem Matemática em sala de aula demande tempo, e talvez várias aulas, ainda assim é uma experiência marcante que promove significado aos conceitos, contextualizando os saberes matemáticos.

Vale ressaltar a importância dessa abordagem pedagógica, que estimula o pensamento crítico e a resolução de problemas, evidenciando a relevância da Matemática em diversos contextos, desde questões científicas e tecnológicas até desafios do cotidiano. Além disso, ao incorporar a Modelagem Matemática, os educadores incentivam o desenvolvimento de habilidades essenciais, como a formulação de hipóteses, a interpretação de resultados e a comunicação eficaz,

preparando os estudantes para enfrentar desafios complexos e contribuir de maneira significativa para a sociedade.

Referente ao Geogebra, conclui-se que ele se destaca como uma ferramenta tecnológica inestimável no cenário educacional, oferecendo uma abordagem dinâmica e integrada ao ensino da Matemática. Sua interface permite que os alunos visualizem conceitos abstratos de maneira concreta. Assim, o *software* é um recurso essencial para educadores que buscam tornar a Matemática acessível, envolvente e relevante para as demandas contemporâneas da educação.

Levando-se em consideração estes aspectos, evidencia-se que essa Prática Pedagógica proporcionou uma valiosa oportunidade de troca de conhecimentos entre professores experientes e outros em formação inicial. Enquanto formandos, possuímos uma visão inovadora e atualizada das tendências educacionais, tecnologias e abordagens pedagógicas contemporâneas. Por isso, foi possível incentivar a integração de novas perspectivas e estratégias no ambiente educacional, contribuindo para a formação continuada dos professores e também inspirando-os a se reinventar a cada dia, pois o ensino está em constante evolução.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, R. C. **Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática: Uma Nova Estratégia**. 3. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2013.

BIEMBENGUT, M.S. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

BRASIL, Secretária da Educação Básica. **Orientação Curricular para o Ensino Médio: Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, Mec. 2006.

BURAK, D. **Modelagem matemática: ações e interações no processo de ensino e aprendizagem**. Tese (doutorado educacional). Faculdade de Educação. Universidade de Campinas – Unicamp. Campinas, 1992.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas; São Paulo: Papirus, 2007

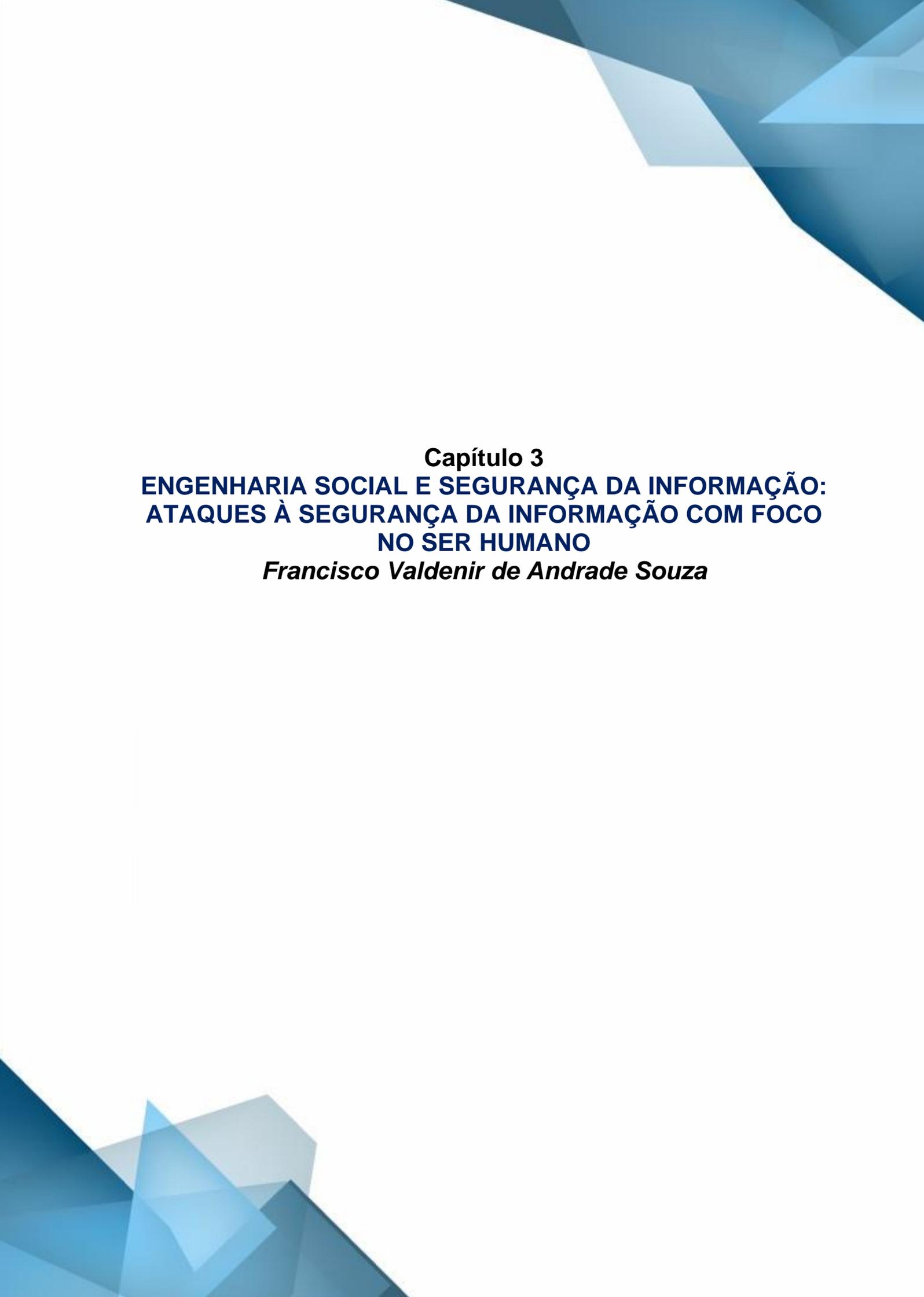
MORAN, J. M.; MASETTO, M.; BEHRENS, M. A. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. 21 ed. São Paulo: Papirus, 2013. Pp. 11 a 72.

PEREIRA, T. d. L. M. et al. **O uso do software geogebra em uma escola pública: interações entre alunos e professor em atividades e tarefas de geometria para o ensino fundamental e médio.** Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

SOARES, L. H. **Tecnologia computacional no ensino de Matemática: o uso do Geogebra no estudo de funções.** 1ª Conferência Latino Americana de GeoGebra, São Paulo, v. 1, n. 1, p.66-80, 2012.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** – 6 ed. – São Paulo: Martins Fontes, 2003.

VALENTE, J. Armando. **Formação de professores: diferentes abordagens pedagógicas.** O computador na sociedade do conhecimento, v. 99, 1999.



Capítulo 3
ENGENHARIA SOCIAL E SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO:
ATAQUES À SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO COM FOCO
NO SER HUMANO

Francisco Valdenir de Andrade Souza

ENGENHARIA SOCIAL E SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO: ATAQUES À SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO COM FOCO NO SER HUMANO

Prof. Francisco Valdenir de Andrade Souza

Escritor, pesquisador e Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação (2016), pela Universidade Paulista (UNIP). Pós-Graduação (2019), latu sensu em Computação Forense e Perícia Digital pelo Instituto de Graduação e Pós-Graduação – IPOG. Licenciado (2021) em Informática pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI). Pós-Graduação (2023), latu sensu em Data Protection Officer – DPO, pela Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera. Pós-Graduação (2024), latu sensu em Segurança da Informação, pela Faculdade IMES. Membro do Comitê Público (2024) do Instituto de Defesa Cibernética da América Latina (IDCiber). Atua como Help Desk em Tecnologia da Informação na Universidade Estadual do Ceará (UECE/FAFIDAM), onde tem contribuído para o suporte técnico de ambientes educacionais, com interesse crescente na interseção entre tecnologia e práticas educacionais. Seu foco acadêmico e profissional inclui o impacto das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no processo de ensino e aprendizagem, bem como a segurança e proteção de dados no ambiente educacional.

RESUMO

Este artigo tem como temática central ataques a segurança de informação buscando orientar sobre as possíveis formas de ataque tendo como foco a vulnerabilidade humana. Objetiva-se apresentar situações nas quais o usuário ou empresa através de sistemas tornam-se vulneráveis a entrada de engenheiros sociais buscando informações sigilosas. Apresenta conceitos de engenharia social firmado por diferentes autores mostrando as principais ferramentas utilizadas por estes. Conceitua a segurança da informação e sua importância para manter o sigilo de tudo que puder ser alvo de um ataque de engenheiros sociais usufruindo da fragilidade humana e dos sistemas para fazer uso indevidos de informações. É notório que

a internet facilita a vida na atualidade, mas também torna as pessoas vulneráveis mediante seu uso excessivo e de forma imprópria. O aumento de informações adquiridas sobre a vida de pessoas e dos usuários através da internet deixa-os vulneráveis a diversos tipos de ataque tornando o ser humano alvo principal e de fácil acesso a ataques. Ressalta-se também a importância de buscar se proteger desses ataques conhecendo as técnicas utilizadas por esses profissionais que podem ser nocivos por utilizar informações que pode vir a prejudicar a vida do ser humano mediante sua vulnerabilidade.

Palavras-chave: Segurança da informação; Vulnerabilidade humana; Engenharia social; Cibercrimes.

ABSTRACT

This article focuses on information security attacks, aiming to provide guidance on potential forms of attacks, with an emphasis on human vulnerability. The objective is to present situations where users or companies, through their systems, become vulnerable to social engineers seeking confidential information. It introduces concepts of social engineering established by different authors, highlighting the main tools used by these attackers. The article also defines information security and its importance in maintaining the confidentiality of anything that could be a target of social engineers exploiting human and system weaknesses to misuse information. It is evident that the internet facilitates modern life, but it also makes people vulnerable through excessive and improper use. The increase in information acquired about people's lives and users through the internet makes them vulnerable to various types of attacks, turning humans into the primary and easily accessible targets. Additionally, the article highlights the importance of seeking protection from such attacks by understanding the techniques used by these professionals, which can be harmful by exploiting information that may negatively affect a person's life due to their vulnerability.

Keywords: Information security; Human vulnerability; Social engineering; Cybercrimes.

1.Introdução

Este artigo ressalta a questão da vulnerabilidade humana quando se trata da segurança da informação. Apresenta a engenharia social e suas ferramentas de utilização mostrando que os usuários da internet podem ser lesionados tendo seus dados tomados e utilizados a bel prazer dos que fazem uso da internet de forma impropria.

A internet é uma ferramenta potente na atualidade. Mediante o uso da tecnologia as distancias encurtam, as possibilidades aumentam, entretanto, a

vulnerabilidade também se faz presente em diversas situações realizadas através da internet.

Apresenta a segurança da informação e seus princípios ressaltando que o comprometimento de algum deles resulta em perdas e danos da empresa ou instituição que tiverem seu espaço tecnológico invadido por profissionais do cibercrimes. Entre estes crimes estão o uso ilegal de software, dados ou hardware comprometendo a segurança da informação.

A segurança da informação estar alicerçada em três pilares básicos e fundamentais, a confidencialidade, a integridade e a disponibilidade.

O comprometimento de qualquer um desses pilares representa um risco à segurança da informação. Violação e invasão de sites do governo e de empresas, captura de códigos dos cartões de crédito e senhas, informações pessoais expostas em rede sócias e exploradas e utilizadas como a prática de extorsão, uso ilegal de dados e informações e a privacidade invadida e exporta na rede mundial, são alguns exemplos do comprometimento da segurança da informação.

2. Desenvolvimento

2.1 Engenharia Social – Conceitos

A engenharia social tem como objetivos preceder cibercrimes que ameaçam a integridade informacional. Ela corresponde as práticas usadas como forma de conseguir informações sigilosas e importantes de empresas, sistema de informações e pessoas, abusando a conduta e a confiança das pessoas.

Engenharia social é a ciência que estuda como o conhecimento do comportamento humano pode ser utilizado para induzir uma pessoa a atuar segundo seu desejo. Não se trata de hipnose ou controle da mente, as técnicas de engenharia social são amplamente utilizadas por detetives (para obter informação) e magistrados (para comprovar se um declarante fala a verdade). Também é utilizada para lograr todo o tipo de fraudes, inclusive invasão de sistemas eletrônicos (PEIXOTO, 2006, p. 4).

Em um conceito literal, o termo “engenharia” refere-se a um sentido de construção e “social”, se deve ao fato de envolver pessoas e forças externas a uma pessoa localizada em um ambiente determinado. Segundo Braga (2011, p. 45), a construção está interligada ao desenvolvimento de táticas que permitam o acesso à

informação não disponível naturalmente, mediante a exploração de vulnerabilidades das pessoas, relacionadas as suas características comportamentais.

De acordo com Silva (2011) Engenharia Social pode ser:

- Arte de fazer com que outras pessoas concordem com você e atendam aos seus pedidos ou desejos, mesmo que você não tenha autoridade para tal;
- Termo utilizado para se obter informações importantes de uma empresa, por intermédio de seus usuários e colaboradores;
- Aquisição de informações ou privilégio de acesso por “alguém de fora”, baseado em uma relação de confiança estabelecida, inapropriadamente, com “alguém de dentro”;
- Técnicas utilizadas para tirar proveito de falhas que as pessoas cometem ou que sejam levadas a cometer com relação às informações da área de tecnologia da informação;
- Técnica de influenciar as pessoas pelo poder da persuasão com objetivo de conseguir que elas façam alguma coisa ou forneçam determinada informação a pedido de alguém não autorizado;
- Método de ataque virtual no qual é aproveitada a confiança ou a ingenuidade do usuário para obter informações que permitem invadir um micro;
- Habilidade de um hacker manipular a tendência natural de confiança com o objetivo de obter informações por meio de um acesso válido em um sistema não autorizado;
- Arte e ciência de persuadir as pessoas a atenderem aos seus desejos;
- Garimpagem das informações.

A Engenharia Social é formada de ações que porventura venha a ameaçar comunidades virtuais e atacar sistemas de informações tirando proveito da diminuição do intercâmbio pessoal, analisando a utilização em massa de ferramentas computacionais para comunicação pessoal e profissional, tais como: Whatzapp, e-mail, *Twitter*, *Facebook*, sem dar importância a segurança e privacidade.

Engenharia social é a arte de levar os usuários a comprometer os sistemas de informação. Em vez de utilizar técnicas sobre os sistemas, os alvos dos engenheiros sociais são os humanos com o acesso à informação, manipulando-os para divulgar informações confidenciais ou até mesmo realizar ataques maliciosos sob sua influência e persuasão. (KROMBOLZ, et al, 2014)

Assim, a engenharia social não obedece a uma ação diretamente ou a uma emissão que envolva apenas o meio digital, a sua essência está na exploração direta do comportamento do indivíduo.

2.2 Engenharia Social – Ferramentas

Entre as ferramentas de um engenheiro social estão: internet, telefonemas, e-mail, correspondências, chat, spyware, procura em vasilhames de lixo, observação da pessoa e intervenção pessoal direta. (SILVA, 2011).

Compreende-se que a Engenharia Social pode ser usada na informática, pois explora basicamente as falhas humanas, informações não documentadas de foro íntimo estão ajudadas por características psicológicas e comportamentais as quais ligadas a técnicas como a linguagem corporal e leitura podem ser desvendadas e exploradas.

A engenharia social usa ferramentas para explorar falhas de pessoas, organizações e deve ser usada em áreas diversas. Assim que tiver a posse dessas informações, os engenheiros sociais,

[...] interagem com partes ou todo o sistema, seja ele físico ou virtual [...] e apesar da lei brasileira ainda ser imatura no aspecto tecnológico e da Ciência da Informação, um ataque de engenharia social, dependendo da motivação ou objetivo, pode ser tipificado no artigo 171 do código Penal Brasileiro, que diz que “Obter, para si ou para outrem, vantagem ilícita, em prejuízo alheio, induzindo ou mantendo alguém em erro, mediante artifício, ardil, ou qualquer outro meio fraudulento”, incide em crime de estelionato, prevendo como pena, reclusão, de um a cinco anos, e multa (ROSA; SILVA; SILVA, 2012, p. 10).

Portanto, a interação entre as partes unidas a evolução da humanidade está diretamente ligada ao acréscimo da disponibilidade da informação as quais se forem utilizadas por pessoas não autorizadas chamadas de engenheiros sociais, afeta a confidencialidade, integridade e disponibilidade.

Para Silva (2011), a manipulação ou persuasão é formada por quatro elementos os quais são responsáveis pela formação do caminho na aquisição de uma informação sigilosa:

- O comunicador é o primeiro elemento, constituído por uma boa oralidade, transmitindo credibilidade em virtude de uma formação especializada e fidedigna,

aliadas da atratividade e simpatia. A comunicação rápida e surpresa são instrumentos auxiliares da persuasão.

- A mensagem representa o segundo elemento, que está relacionada com a razão e a emoção do persuadido, cuja predominância de um ou de outro vai depender das características pessoais.
- O terceiro elemento, a forma de comunicação interligada diretamente à combinação da complexidade e o canal escolhido para disseminá-la.
- O quarto elemento é a audiência, formada pela idade, gênero e inteligência(SILVA, 2011).

3. Conceitualizando a Segurança da informação

O uso da internet e das redes sócias na atualidade fazem parte de nossa vida como uma constante. Vale salientar que, é impossível ver a nossa vida sem o uso da internet. Entretanto, o uso da tecnologia e das redes sócias pode se tornar além de viciante também perigoso.

A internet revolucionou tudo inclusive a forma de organizar os sistemas informacionais intensificando as interações entre a tecnologia e o usuário. A internet tem o imediatismo como principal característica. A informação pode ser definida como a articulação de dados que após serem trabalhados ou processados mostram um significado a respeito de um determinado assunto. (MORALES, 2013)

[...] Informação é um conjunto de dados utilizados para a transferência de uma mensagem entre indivíduos e/ou máquinas em processos comunicativos ou transacionais. [...] A informação pode estar presente ou ser manipulada por inúmeros elementos deste processo, chamados ativos, os quais são alvos de proteção da segurança da informação. (SÊMOLA, 2014, p.69)

A sociedade da informação é impulsionada pelas informações e seu intercambio haja vista que as distancias entre eles foram diminuídas. O transporte de informações agora é imediato devido aos avanços da internet.

Entretanto, ao mesmo tempo em que os avanços tecnológicos foram criados e desenvolvidos, ameaças surgiram aos ativos informacionais mediante sistemas, pessoas e equipamentos.

Pemble (2004) sobre os conceitos de segurança de informação buscou fazer um parâmetro tentando compreender a segurança da informação levando em consideração a atuação de seus profissionais calculou três esferas conceituais:

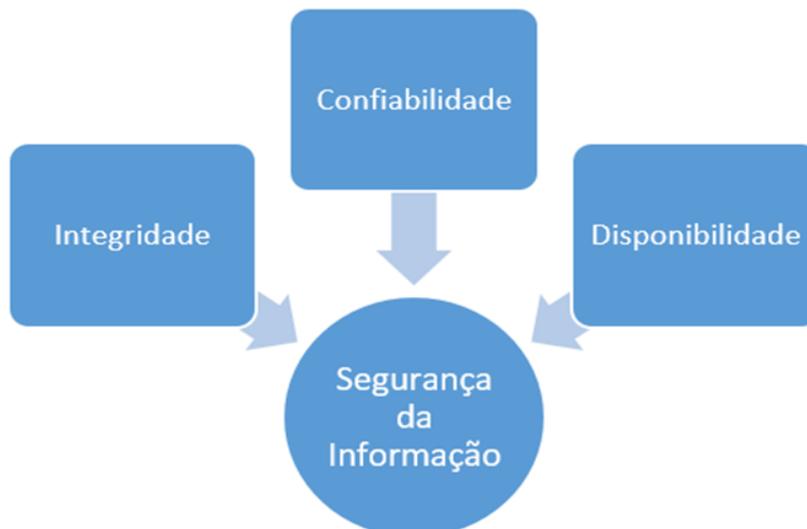
A primeira é a esfera operacional, pela qual a segurança da informação está relacionada aos incidentes e as suas consequências no âmbito operacional da organização. A relação entre os incidentes e os seus impactos sob o valor da marca e valor acionário, representam a segunda esfera, denominada de esfera da reputação, enquanto a terceira é a esfera financeira e envolve os custos advindos de eventuais incidentes. (PEMBLE, 2004, p. 31)

Ainda sobre a segurança da informação, Peixoto (2006) ressalta princípios considerados por ele como principais. A saber:

O primeiro atributo ou princípio, diz respeito à confidencialidade, cujas ferramentas tecnológicas de segurança atuam no sentido de proteger o sigilo, limitando o acesso à informação. Este princípio garante que apenas as pessoas que devam ter conhecimento da informação possam acessá-la. O segundo princípio, da integridade da informação, visa garantir a manutenção das características originais da informação, estabelecidas pelo autor, ou seja, inviabiliza as alterações do documento de origem. O terceiro princípio se refere à disponibilidade, ou seja, a informação poderá ser acessada por qualquer pessoa e a qualquer tempo, assim, refere-se ao acesso da informação somente por agentes autorizados e a qualquer momento. (PEIXOTO, 2006, p. 57)

Na Figura 1 destacam-se os princípios que fundamentalmente regem a segurança da informação ressaltada por Peixoto (2006).

Figura - 1 Princípios da segurança da informação



Fonte: Peixoto (2006).

Dessa forma, integridade, confidencialidade e disponibilidade são considerados princípios fundamentais para garantir a segurança da informação além de afastar possíveis ameaças e vulnerabilidades que possam comprometer os sistemas informacionais. Em geral as práticas criminosas exploram a tríade da segurança da informação, comprometendo-as.

Na busca incessante de um conceito mais abrangente sobre a segurança da informação, Marciano e Marques (2006) estabelecem o seguinte conceito. Segurança da informação é:

Um fenômeno social cujos usuários dos sistemas de informação - sejam eles os gestores ou os usuários comuns - detêm conhecimento coerente das suas regras de uso. Os autores, ao desdobrarem este conceito, delimitaram os requisitos formadores da segurança da informação, sendo eles: os atores do processo, o ambiente no qual estão inseridos - sistemas computacionais e tecnológicos - além da sociedade, por ser esta, o alcance final da atuação da segurança da informação. (MARCIANO e MARQUES, 2010, p. 42)

A privacidade e a segurança são valores que pertencem ao sistema de informações. De acordo com a segurança da informação a privacidade e segurança devem ser protegidos contra crimes cibernéticos os quais envolvem o uso de forma ilegal de software, hardware ou dados. A segurança da informação deve ser utilizada em tudo o que possui valor não importa se para um indivíduo ou organização possui a denominação de ativo. (LAUDON; LAUDON, 2010).

Ativo é um bem patrimonial em razão do seu valor, seja para a empresa ou para o indivíduo, como, por exemplo, a informação, os seus suportes e os seus canais de utilização, sendo estes denominados de ativos de informação. De uma forma geral, os ativos podem ser classificados como tangíveis exemplificados por informações impressas e escritas, e intangíveis, como a imagem, confiabilidade e a marca. (CAMPOS, 2014, p. 27)

Laudon (2010) ressalta que as ferramentas computacionais são usadas por usuários com má intenção visando cometer crimes cibernéticos cometidos através do ambiente virtual cujo agente ativo (criminoso) em questão fica no aguardo de um click do agente passivo para obter informações e cometer o crime.

O cibercrime é considerado de baixos custos, pois o comprometimento da segurança de informação se dá mediante a vulnerabilidade humana a qual tem como instrumento um computador com acesso à internet. O engenheiro social é o

profissional responsável na arte de enganar, pois aplicam técnicas simples e conseguem informações grandiosas e valiosas. (MITNICK E SIMON, 2003).

3.1 Vulnerabilidades humanas

A vulnerabilidade humana é do que mais se aproveita os profissionais que realizam cibercrimes. De acordo com Mitnick e Simon (2003), os usuários e colaboradores são as maiores ameaças a segurança da informação seja por falta de conhecimento ou negligência.

Em vista disso, Niekerk, Solms (2010) ressalta que as estratégias usadas para segurança devem observar o fator humano como parte do processo sendo ativos e afastando os riscos das duas dimensões ligadas, a saber: o comportamento e o conhecimento.

A principal ameaça a qualquer tipo de informação é o ser humano, pois é no usuário que inicia e finda o processamento do sistema informacional.

Laudon (2010, p. 16) afirma que “A estrutura da internet e a sua característica liberal pode ser equiparada a abertura de um cofre, onde todos os dados e informações, em princípio, estão acessíveis e disponíveis aos usuários.” portanto, a dificuldade de proteção da informação na rede mostra a falta de uma cultura de segurança denotando medo e insegurança que não são percebidas por muitos usuários.

Pois, de nada vale a melhor capacitação técnica senão se conscientizar o usuário, o profissional, o cidadão, destas tecnologias, e de que a segurança da informação e, conseqüentemente, a segurança cibernética, é um problema de todos. Assim sendo, esta conscientização deve ser iniciada desde o ensino fundamental, criando uma cultura orientada a esta abordagem, pois é inegável que a cada dia a iniciação digital se dá em idades mais precoces. (CANONGIA, 2009, p. 43).

Para Sêmola (2014), os riscos que abrangem a segurança da informação relacionam-se a diversos fatores entre estes se pode destacar as ameaças internas de uma organização tais como incêndios e inundações ações manifestadas por funcionários insatisfeitos que desconhecem as políticas e normas de segurança e ameaças externas advindas mediante ações da engenharia social.

A vulnerabilidade física também é destacada por Sêmola (2006) como ausência de barreiras de controle de acesso. A vulnerabilidade tecnológica provenientes de

configuração impropria de firewall e a vulnerabilidade humana apontada como ausência de conscientização mediante treinamentos que invadam as políticas de segurança. O crimeware é categorizado pelas estatísticas Crimeware do APWG como código projetado com a intenção de colher dados no usuário final para furtar as credenciais do usuário. O acesso a sites financeiros. Site de comercio eletrônico e de correio baseados na web são os tipos mais comuns de informações.

No 4º trimestre de 2016, o PandaLabs, membro do APWG, descobriu uma média de 190.000 novas amostras de malware por dia. Apresentamos a seguir os dados obtidos mostrando a proporção de malwares criados no quarto trimestre de 2016 caracterizados por tipos. Atualmente, cerca de 3% dos malwares buscam explorar uma falha unicamente técnica. Os outros 97% abrangem a segmentação de usuários mediante a engenharia social. Eles fazem uma investida em os ataques realizados usam os seres humanos como canais para atingir seu alvo.

Visando a vulnerabilidade humana, as tentavas de invasão em um sistema se dá através de lapsos em software ou hardware. A Phishing Working Group (APWG) apresenta um relatório de tendências de atividades usando como exemplo a figura abaixo.

Novos tipos de malware no quarto trimestre	% de amostras de malware
Trojans	70.03%
Virus	11.61%
Worms	9.93%
Adware / Spyware	2.05%
PUPs	6.38%

Figura 2 – Novos tipos de malware no quarto trimestre
 Fonte: adaptado pelo autor

Infeções por malware por Tipo	% de amostras de malware
Trojans	74.99%
Virus	1.55%
Worms	1.50%
Adware / Spyware	0.51%
PUPs	21.45%

Figura - 3 Infeções por malware por Tipo
Fonte: adaptado pelo autor

O país mais infectado por malware foi a China no qual onde 47,09% das máquinas estão infectadas, seguido pela Turquia (42,88%) e Taiwan. (38,98%) segundo Luís Corrons, Diretor Técnico do PandaLabs e Relatório de Tendências. Entre os países escandinavos, o que teve a taxa mais baixa com apenas 20% de infecção foi a Suécia.

Os ataques direcionados são aqueles que abusam de forma eficiente as técnicas de engenharia social visando favorecer a violação de dados e a exploração.

Entretanto, os ataques não são os mais utilizados, mas, os mais bem sucedidos, pois possuem a maior probabilidade de violar dados até de hospitais e órgão públicos com sistemas vulneráveis. Abaixo, apresentamos um exemplo de como a engenharia social atua em setores diferenciados.

Entre os dados estão os do KnowBe4, para o mercado dos EUA.

	Funcionários de 1 - 249	funcionários de 250 999	Funcionários de 1000+
Energia e Utilitários	31.56%	29.34%	22.77%
Serviços Financeiros	27.41%	28.47%	23.00%
Prestação de Serviços	29.80%	31.01%	19.40%
Tecnologia	30.68%	30.67%	28.92%

Manufatura	33.21%	31.06%	28.71%
Governo	29.32%	25.12%	20.84%
Saúde e produtos Farmacêuticos	29.80%	27.85%	25.60%
Seguro	35.46%	33.32%	29.19%
Sem fins Lucrativos	32.63%	25.94%	30.97%
Educação	29.20%	26.23%	26.05%
Varejo e Atacado	31.58%	30.91%	21.93%
Outros	30.41%	28.90%	22.85%

Tabela1 – Estatísticas do KnowBe4 de seus testes simulados de phishing (atualizado em janeiro de 2018).
Fonte dogana-project.

A tabela 1 tem como objetivo destacar uma estimativa de ataques cibernéticos baseados em engenharia social, utilizando uma técnica conhecida como phishing, sendo direcionados às diversas organizações públicas e privadas, de diferentes setores e perfis, tendo como alvo principal, vulnerabilidades Humanas, sendo que o fator humano ainda é o canal ou elo mais fraco nas organizações.

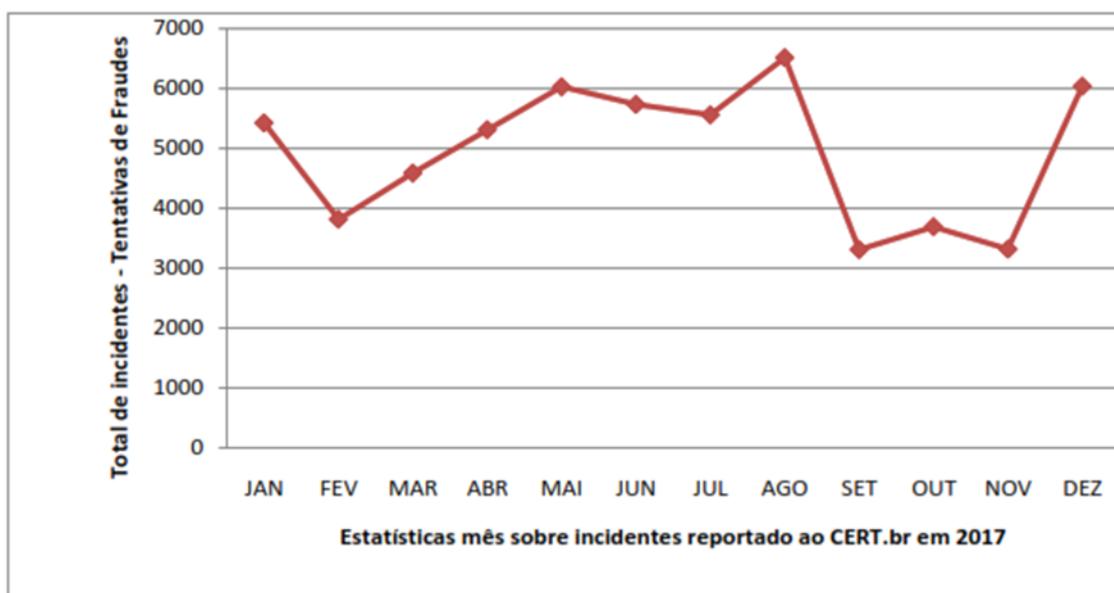


Gráfico – I Total de Incidentes
Fonte: Cert.br - adaptado pelo Autor

Gráfico 1 tem o objetivo de demonstrar o total de incidentes e tentativas de fraudes com objetivos financeiros envolvendo o uso de cavalo de Tróia, páginas falsas e outras formas de fraudes.

Métodos utilizados por engenheiros sociais fraudadores, que visam explorar as vulnerabilidades humanas no intuito de obter ilicitamente dados e informações pessoais para o uso indevido delas, como por exemplo, uma compra na internet utilizando os dados capturados das vítimas. Das tentativas de fraudes 8,43% foi utilizado o cavalo de Tróia, 85,32% utilizado páginas falsa e 6,25% outras formas utilizadas.

3.2 Técnicas para atacar

A engenharia social como já foi dita anteriormente, são práticas para se conseguir informações importantes ou sigilosas de empresas ou sistemas mediante engano ou exploração da confiança das pessoas. Para tanto, o explorado assume uma personalidade diferente se fazendo passar pela pessoa em questão ou até fingindo ser um profissional de certa área entre outras formas. Entram em empresas e sistemas sem usar a força física aproveitando-se da fragilidade das máquinas, da crença das pessoas e do despreparo técnico dos responsáveis. (CIPOLI, 2012)

Cipoli (2012) ressalva que é mais fácil atacar pessoas do que o sistema pois pessoas são: complacentes e caridosas; tem tendência a creditar; são fáceis de manipular; querem ajudar. Então aproximar-se de pessoas e ludibriá-las é uma técnica de atacar, além de utilizar e-mails, internet e ligações telefônicas.

Entre algumas técnicas para atacar segundo Mendes (2004) estão:

Telefone: o invasor depois de coletar informações sobre o lixo da empresa através de internet e redes sociais utilizam o telefone para se fazer passar por funcionário ou fornecedor de terceiros. Conhecendo dados pessoais e informações da vida das pessoas tornam mais fáceis os ataques.

Internet e redes sociais: estas são grandes fontes de informação e várias delas são retiradas das mesmas para a realização da abordagem sobre a vítima em questão. O engenheiro social usa dessas artimanhas para conhecer melhor sua vítima, realiza pesquisas na internet e averigua as redes sociais buscando informações importantes dos funcionários da organização.

Lixo: poucas empresas verificam o que está sendo descartado e qual a forma é feita este descarte. O lixo pode ser uma fonte rica de informações. Já foram relatados vários casos de publicação na internet com esse tipo de ataque, informações coletadas no lixo.

Abordagem pessoal: o engenheiro social faz uma visita na empresa alvo, podendo se passar por um cliente, parente do diretor, prestador de serviço, entre outros, usando de persuasão e a falta de treinamento dos funcionários pode conseguir com facilidade convencer um segurança, secretária, recepcionista a liberar acesso às dependências da empresa e até mesmo no setor de TI. É uma abordagem arriscada, porém, muitos crackers já utilizaram e obtiveram sucesso contra a empresa.

Falha humana: as pessoas possuem muitas vulnerabilidades e as mesmas são exploradas pelos engenheiros sociais como: confiança, medo, curiosidade, bondade, querer ajudar, culpa, ingenuidade, entre outros.

Redes P2P (Peer-to-peer): um tipo de arquitetura de computadores que permite compartilhar arquivos, serviços, entre vários computadores. O engenheiro social usa essa tecnologia para espalhar vírus, cavalos de troia e muitos outros lixos na rede, e de claro oferece ajuda para suas vítimas com a finalidade de enganá-las.

Engenharia Social Inversa: uma técnica que exige preparo e várias pesquisas para se alcançar o objetivo almejado. Nessa técnica os papéis são trocados. O explorador (engenheiro) finge ser uma autoridade, de maneira que os empregados da empresa terão confiança no mesmo e pedirão informações a ele até chegar ao objetivo dele é alcançar informações valiosas sem que ninguém perceba.

Spyware: software de espionagem que monitora o computador sem que o usuário perceba.

Phishing: essa é uma das técnicas mais utilizadas para conseguir um acesso na rede alvo. O *phishing* é na íntegra é uma falsificação, e-mails são forjados e enviados a empresa com a intenção de fazer o usuário aceitar o e-mail e realizar operações solicitadas no mesmo. Entre os casos comuns de *Phishing estão:* e-mails de supostos bancos, afirmando que a conta está irregular, o cartão sem limite, falando da existência de um novo software de segurança do banco que necessita ser instalado para que não aconteça o bloqueio de acesso, informações de irregularidades de CPF e ou imposto de renda se passando pela Receita Federal. (MENDES, 2004, p. 08)

3. Conclusão

Compreende-se que a engenharia social é algo presente em nossas vidas atualmente e que pode ser muito nociva. Pessoas que utilizam esse tipo de técnica são inteligentes capazes de ludibriar as pessoas com conversas convincentes buscando utilizar formas de ataque para deixar os usuários vulneráveis no intuito de conseguir informações.

Neste artigo apresentamos conceitos bem como esclarecimentos sobre a temática visando dar aos leitores as compreensões de como a engenharia social é utilizada mostrando que a fraqueza humana é o ponto crucial de ataque.

Utilizando técnicas de invasão e astúcias os engenheiros sociais buscam atacar a vulnerabilidade das pessoas visando conseguir roubar dados pessoais de grande valor tanto para a pessoa quanto para empresas podendo explorar e complicar gravemente a vida de empresas ou usuários.

Seu foco principal é o ser humano, portanto atacam o emocional das pessoas para que executem determinadas ações ou que se divulguem para o criminoso dados confidenciais. Investem de forma lógica buscando deixar o usuário vulnerável.

Por isso considera-se a engenharia social com um tipo não técnico de intrusão que depende fortemente da interação humana e envolve enganar outras pessoas para quebrar procedimentos de segurança. A melhor forma de se manter longe desses ataques é buscar se proteger prevenindo-se de forma segura, consciente e buscar sempre a informação e o conhecimento.

Referências

BRAGA, Pedro Henrique da Costa. Técnicas de engenharia social. Grupo de Resposta a Incidentes de Segurança, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.gris.dcc.ufrj.br/documentos/artigos/engenharia-social/view>. Acesso em: 7 set. 2024.

CAMPOS, André. Sistema de segurança da informação: controlando os riscos. 3. ed. Florianópolis: Visual Books, 2014. 152 p.

CANONGIA, Claudia; MANDARINO, Rafael. Segurança cibernética: o desafio da nova sociedade da informação. Parcerias Estratégicas, Brasília, v. 14, n. 29, p. 21-46, jul./dez. 2009.

CIPOLI, Pedro. O que é engenharia social? Canaltech, mar. 2012. Disponível em: <https://canaltech.com.br/Software/Android>. Acesso em: 7 set. 2024.

FRUMENTO, Henrico. Estimativas do número de ataques cibernéticos baseados em engenharia social em organizações privadas ou governamentais. Dogana Project. Disponível em: <https://www.dogana-project.eu/>. Acesso em: 7 set. 2024.

KROMBHOLZ, et al. Advanced social engineering attacks. Journal of Information Security and Applications, n. 22, 2015. p. 113-122. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214212614001343>. Acesso em: 7 set. 2024.

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. Sistemas de informação. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2010. 389 p.

MARCIANO, João Luiz; MARQUES, Mamede Lima. O enfoque social da segurança da informação. Ciência da Informação, Brasília, v. 35, n. 3, p. 89-98, set./dez. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ci/v35n3/v35n3a09>. Acesso em: 7 set. 2024.

MENDES, Antônio da S. Filho. Entendendo e evitando a engenharia social: protegendo sistemas e informações. Revista Espaço Acadêmico, n. 43, ano IV, dez. 2004.

MITNICK, Kevin D.; SIMON, William L. A arte de enganar: ataques de hackers, controlando o fator humano na segurança da informação. São Paulo: Pearson Education, 2003.

NIEKERK, Van J. F.; SOLMS, Von R. Information security culture: a management perspective. Computers & Security, n. 29, p. 476-486, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167404809001126>. Acesso em: 7 set. 2024.

PEIXOTO, Mário C. P. Engenharia social e segurança da informação na gestão corporativa. Rio de Janeiro: Brasport, 2006.

PEMBLE, Matthew. What do we mean by "information security"? Computer Fraud & Security, v. 2004, n. 5, p. 17-19, may 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361372304000673>. Acesso em: 7 set. 2024.

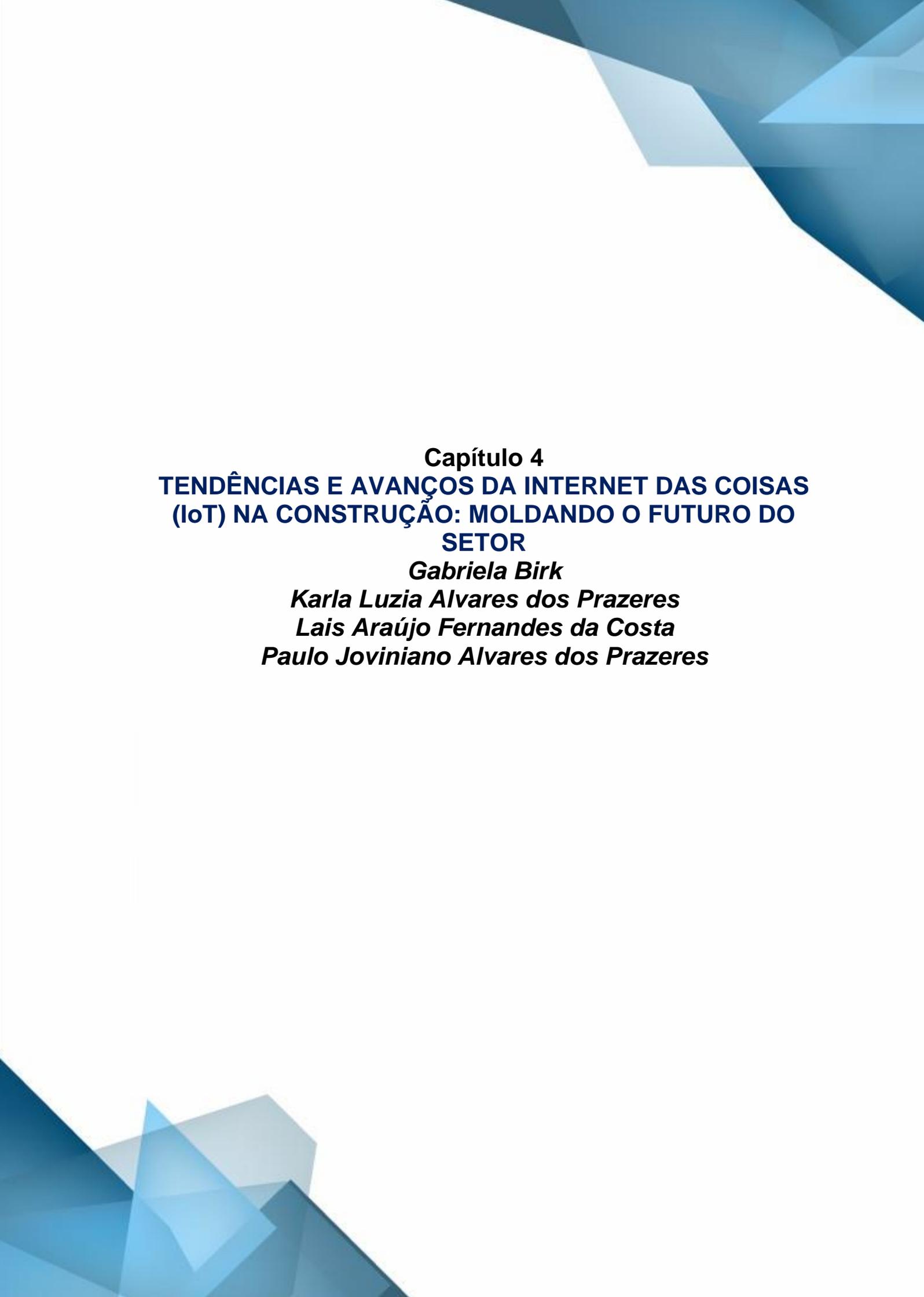
ROSA, Adriano C.; SILVA, Bruno D. da; SILVA, Pedro L. da. Análise de redes sociais aplicada à engenharia social. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS. I SINGEP, 2012. Web. Acesso em: 7 set. 2024.

SÊMOLA, Marcos. Gestão da segurança da informação: uma visão executiva da segurança da informação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SÊMOLA, Marcos. Gestão da segurança da informação. In: STAREC, Cláudio; GOMES, Elisabeth; BEZERRA, Jorge (Org.). Gestão estratégica da informação e

inteligência competitiva. São Paulo: Saraiva, 2006.

CERT.BR - Centro de Estudos, Resposta e Tratamento de Incidentes de Segurança no Brasil. Incidentes reportados ao CERT.br. Disponível em: <https://www.cert.br/stats/incidentes/2017-jan-dec/total.html>. Acesso em: 7 set. 2024.



Capítulo 4
TENDÊNCIAS E AVANÇOS DA INTERNET DAS COISAS
(IoT) NA CONSTRUÇÃO: MOLDANDO O FUTURO DO
SETOR

Gabriela Birk

Karla Luzia Alvares dos Prazeres

Lais Araújo Fernandes da Costa

Paulo Joviniano Alvares dos Prazeres

TENDÊNCIAS E AVANÇOS DA INTERNET DAS COISAS (IoT) NA CONSTRUÇÃO: MOLDANDO O FUTURO DO SETOR

Gabriela Birk

*Doutoranda em Administração e Ciências Contábeis pela FUCAPE Business School;
Mestra em Gestão e Negócios pela UNISINOS; Mestra em Economia pela PUC-RS*

Karla Luzia Alvares dos Prazeres

*Doutoranda em Direito pela UNESA; Doutoranda em Educação pela UDS; Mestra
em Direito pela FADIC.*

Lais Araújo Fernandes da Costa

Mestranda em Administração pela UNIFACCAMP.

Paulo Joviniano Alvares dos Prazeres

*Doutor em Direito pela UNICAP; Doutorando em Administração e Ciências
Contábeis pela FUCAPE Business School.*

RESUMO

A indústria da construção enfrenta desafios persistentes em relação ao tempo, recursos e inadimplências. Nesse cenário, a Internet das Coisas (IoT) surge como uma aliada poderosa, oferecendo oportunidades promissoras para superar esses obstáculos. Este estudo busca identificar e classificar as áreas de pesquisa mais importantes na intersecção da IoT com a construção. Através de uma ferramenta de mapeamento científico (VOSviewer), mapearemos o panorama da pesquisa e determinaremos quais aspectos são considerados mais relevantes pelos especialistas. Com base nesse conhecimento, poderemos traçar os principais impulsionadores para a adoção bem-sucedida das tecnologias de IoT e digitalização na construção. Essa análise aprofundada das tendências e dos fatores-chave permitirá a criação de um roteiro estratégico para a implementação da IoT, impulsionando a transformação digital do setor. O estudo se concentrará em identificar e classificar as áreas de pesquisa mais relevantes na junção da IoT e da construção. Através

da análise bibliométrica, serão mapeadas as relações entre os diferentes temas, destacando as áreas que concentram maior atenção da comunidade científica. A partir da compreensão das áreas de pesquisa mais importantes, o estudo buscará desvendar os principais impulsionadores para a adoção bem-sucedida das tecnologias de IoT na construção. Com base na análise dos impulsionadores e das tendências de pesquisa, o estudo proporá um roteiro estratégico para a aplicação da IoT e das tecnologias digitais no setor da construção. Este roteiro servirá como guia para empresas, profissionais e tomadores de decisão que buscam implementar a IoT e impulsionar a transformação digital na indústria.

Palavras-chaves: Internet das Coisas; Construção; Tecnologia.

Introdução

A indústria da construção enfrenta um grande desafio: baixa produtividade, com perdas anuais de US\$ 1,6 trilhões. Estudos indicam que 57% das horas trabalhadas não geram valor, contrastando com 26% no setor industrial. Essa realidade, aliada aos métodos tradicionais e exaustivos, cria uma imagem pouco atrativa para novos talentos, dificultando a entrada de jovens no mercado.

Para solucionar esses problemas, a indústria da construção precisa se modernizar e abraçar a Indústria 4.0, utilizando tecnologias inovadoras como a Internet das Coisas (IoT). Essa transformação digital é crucial para atrair a Geração Z, nativa da tecnologia, e aumentar a produtividade em todas as etapas do processo.

A implementação da IoT na construção trará diversos benefícios: reduzirá incertezas, agilizará atividades e facilitará o gerenciamento de projetos. Tecnologias como essa permitirão que os trabalhadores realizem suas tarefas com mais eficiência e produtividade, impulsionando o crescimento do setor como um todo.

Apesar do grande potencial da Indústria 4.0 para revolucionar o setor da construção (Bebelaar et al., 2018; Ghosh et al., 2020), a pesquisa nessa área ainda apresenta lacunas significativas. Uma revisão da literatura existente revela uma desconexão entre a academia e a prática da indústria (Maskuriy et al., 2019).

Embora o número de estudos publicados sobre a Internet das Coisas (IoT) na construção tenha crescido consideravelmente (Carmona et al., 2019), ainda faltam trabalhos que integrem esses estudos e forneçam uma visão geral abrangente dos avanços da IoT nesse campo (Sawhney et al., 2020).

Análises anteriores sobre a Indústria 4.0 na construção foram predominantemente qualitativas e subjetivas (Oesterreich e Teuteberg, 2016; Maskuriy et al., 2019), o que as torna suscetíveis à visão individual de cada pesquisador (Harden e Thomas, 2010; Hosseini et al., 2018a).

Alguns estudos conceituais se concentram em áreas específicas da integração da Indústria 4.0 na construção (Axelsson et al., 2019) ou defendem a necessidade de mudanças (Woodhead et al., 2018; Tang et al., 2019; Alaloul et al., 2020).

Há uma necessidade urgente de pesquisas mais abrangentes e rigorosas que explorem as aplicações da Indústria 4.0 na construção de forma abrangente e objetiva. Isso ajudará a reduzir a lacuna entre a academia e a indústria.

Embora pesquisas anteriores tenham contribuído para o entendimento da Indústria 4.0 e da IoT na construção civil, falta uma análise abrangente e sistemática do campo. Este estudo visa preencher essa lacuna, mapeando as tendências de pesquisa, identificando os principais impulsionadores da adoção da IoT e destacando as lacunas de conhecimento. Através de uma metodologia estruturada e quantitativa, o estudo oferece um panorama abrangente do estado da arte, incluindo: Análise das tendências de pesquisa e agrupamentos de redes: Através de técnicas de mapeamento científico, o estudo identifica os principais temas e áreas de foco na pesquisa de IoT para a construção civil; Identificação dos impulsionadores da adoção da IoT: O estudo investiga os fatores que impulsionam a adoção da IoT neste setor, destacando as nuances e contribuindo para um melhor entendimento das motivações por trás da implementação dessas tecnologias; Lacunas de conhecimento e áreas prioritárias para pesquisas futuras: O estudo identifica áreas que necessitam de maior investigação, fornecendo direcionamento para pesquisas futuras e promovendo o avanço do conhecimento na área.

Ao abordar essas questões, o estudo espera contribuir para o desenvolvimento de um roteiro estratégico para pesquisa futura, direcionando o foco para as áreas mais promissoras e com maior impacto potencial na indústria da construção civil.

Este estudo propõe uma agenda de pesquisa abrangente para a Indústria 4.0, definindo objetivos estratégicos, metas mensuráveis e um plano de ação detalhado. Através da investigação rigorosa, o estudo busca estimular debates acadêmicos, aprofundar o diagnóstico de problemas e preencher lacunas de conhecimento existentes. Os resultados fornecerão aos tomadores de decisão, tanto do setor público quanto privado, orientações valiosas para a adoção dessa tecnologia

emergente, maximizando seus benefícios de forma otimizada. As descobertas também servirão como base para direcionar os esforços futuros de pesquisa, tanto para os estudiosos da Indústria 4.0 quanto para os formuladores de políticas, garantindo que as pesquisas sejam "impactantes" e contribuam significativamente para o avanço do campo.

1- O Crescimento Robusto do Mercado Global da Construção e seu Impacto Amplo

Com um PIB de US\$ 17,14 trilhões em 2017, o mercado global da construção está projetado para alcançar US\$ 24,33 trilhões até 2021, a um impressionante CAGR (taxa composta anual de crescimento). Estima-se que o setor represente 15% do PIB global até 2030, tornando-o um importante impulsionador da economia global.

A indústria da construção, intensiva em mão de obra, gera empregos com baixo investimento, contribuindo significativamente para a redução do desemprego em países de renda baixa. Além disso, o setor impulsiona outros setores interligados na cadeia de suprimentos, como a indústria extrativa e a manufatureira.

Apesar de sua importância, a indústria da construção enfrenta o desafio de um ritmo lento de inovação e adoção de mudanças em comparação com outros setores. A definição de inovação de Slaughter (2000) é amplamente aceita no setor e se concentra na implementação de mudanças e melhorias significativas em processos, produtos ou sistemas.

Em resumo, o mercado global da construção está em expansão e desempenha um papel crucial na economia global. Apesar dos desafios na adoção de inovações, o setor oferece oportunidades significativas de crescimento e desenvolvimento, especialmente em países de renda baixa.

Para aumentar a competitividade do setor, pesquisadores buscam inovações em produtos e processos, com ênfase em tecnologias da Indústria 4.0 (Fewings e Henjewe, 2019). Devido ao alto custo dos materiais nos projetos (Sutrisna et al., 2019), a prioridade recai sobre inovações de "produto".

Novas técnicas como BIM (Eastman et al., 2018; Bensalah et al., 2019; Al-Saeed et al., 2020), objetos inteligentes (Niu et al., 2015), tecnologias onipresentes (Melia-Seguñ e Vilajosana, 2019), realidade aumentada (Bademosi et al., 2019) e blockchain (P€arne Edwards, 2019; Li et al., 2019; Dewan e Singh, 2020) estão

promovendo uma mudança radical no modus operandi da construção (Golizadeh et al., 2018). A fusão dessas tecnologias contribui para a otimização de processos, redução de custos e aumento da produtividade, impulsionando a competitividade do setor.

Embora não exista uma definição única e oficial para a Internet das Coisas (IoT), o conceito já existia em 1982 com a conexão de uma máquina de refrigerantes à internet para monitorar o estoque. O termo "IoT" em si foi cunhado por Kevin Ashton em 1999 no contexto da gestão da cadeia de suprimentos.

A IoT se refere à vasta rede de objetos físicos embarcados com sensores, softwares e outras tecnologias que se conectam e trocam dados pela internet. Essa rede abrange desde eletrodomésticos comuns até ferramentas industriais complexas, permitindo a coleta e análise de grandes volumes de dados para a tomada de decisões inteligentes.

Mais do que uma inovação tecnológica, a IoT representa a próxima fase da evolução da internet, unindo tecnologias e padrões complementares para conectar o mundo real ao virtual. Essa fusão abre um leque de possibilidades para diversos setores, como automação residencial, cidades inteligentes, indústria 4.0 e saúde conectada.

O universo da Internet das Coisas (IoT) se estrutura em quatro camadas principais, cada uma com funções e tecnologias específicas que trabalham em conjunto para viabilizar a conexão e interação de objetos físicos com o mundo digital. Vamos desvendar as características de cada camada: **1. Camada de Objeto (Camada Física):** A base da pirâmide, onde sensores e atuadores entram em cena. São os dispositivos que coletam dados do mundo real (temperatura, pressão, movimento, etc.) e os convertem em sinais digitais, ou que recebem comandos digitais e os transformam em ações no mundo físico (ligar/desligar luzes, acionar motores, etc.); **2. Camada de Rede (Camada de Conectividade):** A ponte entre o mundo físico e o digital. Essa camada garante a comunicação entre os dispositivos da camada de objeto e o restante da arquitetura IoT. Protocolos como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee e LoRa são alguns dos principais players dessa camada, viabilizando a transmissão dos dados coletados para as camadas superiores; **3. Camada de Percepção (Camada de Middleware):** O cérebro da IoT, responsável por processar, analisar e gerenciar os dados brutos coletados pelos dispositivos da camada de objeto. Softwares de middleware filtram, organizam e interpretam os dados, extraindo informações valiosas

e preparando-as para a camada de aplicação; **4. Camada de Aplicação (Camada de Negócio):** Onde a magia acontece! Nessa camada, os dados processados e as informações extraídas na camada de percepção são utilizados para desenvolver aplicações e serviços inovadores. É aqui que residem os dashboards, sistemas de monitoramento, inteligência artificial e outras ferramentas que geram valor a partir dos dados da IoT.

As quatro camadas da IoT, trabalhando em conjunto e de forma integrada, formam um ecossistema robusto e versátil que possibilita a criação de soluções inteligentes para os mais diversos setores, como indústria, saúde, agricultura, cidades inteligentes e muito mais.

2- A Internet das Coisas e o Valor Agregado no Ambiente Construído

A implementação da Internet das Coisas (IoT) no ambiente construído abre um leque de benefícios, impactando desde as atividades individuais até a gestão em larga escala. A promessa da IoT reside na capacidade de conectar objetos físicos à internet, permitindo a coleta e o compartilhamento automático de dados em tempo real.

Essa tecnologia revolucionária traz valor significativo para diversos setores, como saúde, transporte, logística, indústria e construção civil. No setor da construção, a IoT ainda está em fase de desenvolvimento, mas já apresenta um grande potencial para otimizar processos e melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Alguns exemplos de aplicações da IoT no ambiente construído incluem: Instalações de saúde inteligentes: monitoramento de pacientes, otimização de fluxos de trabalho e gestão de medicamentos; Sistemas inteligentes de transporte e tráfego: controle de congestionamentos, otimização de rotas e redução de acidentes; Soluções de rastreamento de frota: monitoramento de veículos, otimização de rotas de entrega e redução de custos; Controle da cadeia logística: monitoramento de estoque, otimização de processos e redução de perdas; Cidades inteligentes: gestão de energia, iluminação pública, coleta de lixo e outros serviços urbanos; Automação industrial: controle de máquinas, otimização de processos e aumento da produtividade; Sistemas anti-colisão em automóveis: prevenção de acidentes e aumento da segurança no trânsito; Eficiência energética: monitoramento de consumo de energia, otimização do uso de recursos e redução de custos; Gestão de

resíduos: coleta seletiva, otimização de rotas de coleta e redução do impacto ambiental; Edifícios/casas/escritórios inteligentes: controle de temperatura, iluminação, segurança e outros aspectos do ambiente; Monitoramento ambiental: monitoramento da qualidade do ar, da água e do solo para garantir um ambiente saudável.

A IoT ainda está em seus estágios iniciais no ambiente construído, mas o potencial para agregar valor é imenso. As aplicações inovadoras dessa tecnologia podem transformar a forma como vivemos, trabalhamos e interagimos com o mundo ao nosso redor.

A integração da Internet das Coisas (IoT) no ambiente construído abre um leque de oportunidades para aprimorar a experiência humana, otimizar a gestão e promover a sustentabilidade. Através da conexão inteligente de diversos dispositivos, como sensores, atuadores e sistemas de controle, a IoT permite a coleta e análise de dados em tempo real.

A IoT pode personalizar o ambiente de acordo com as necessidades e preferências dos usuários, ajustando automaticamente parâmetros como temperatura, iluminação e ventilação. Isso contribui para o conforto e bem-estar das pessoas que residem, trabalham ou frequentam o local.

Sensores integrados à infraestrutura do edifício coletam dados sobre diversos aspectos, como condições ambientais, consumo de energia e segurança. Essas informações permitem um acompanhamento constante do estado do ambiente, possibilitando a identificação e resolução rápida de problemas, além da otimização de recursos.

A IoT torna o ambiente proativo e adaptável, capaz de responder às mudanças nas condições de uso e às necessidades dos ocupantes. Isso se traduz em maior eficiência operacional, redução de custos e aumento da segurança.

A IoT contribui para a redução do consumo de energia através do monitoramento preciso e do controle automatizado de sistemas como iluminação, climatização e eletrodomésticos. Isso minimiza o impacto ambiental das edificações e promove práticas mais sustentáveis.

As aplicações da IoT no ambiente construído são vastas e abrangem diversos setores, desde residências e escritórios até hospitais, escolas e fábricas. A constante evolução da tecnologia e a crescente demanda por soluções inteligentes garantem um futuro promissor para essa área, com a integração da IoT se tornando cada vez

mais essencial para a criação de ambientes mais eficientes, confortáveis e sustentáveis.

A Internet das Coisas (IoT) está se tornando uma realidade cada vez mais presente no setor da construção, impulsionada pelo potencial de diversos benefícios que essa tecnologia oferece (Veras et al., 2018; Woodhead et al., 2018). Estima-se que a IoT possa gerar uma economia de 22% a 29% nos custos totais de um projeto, o que representa um valor anual de entre 75 e 96 bilhões de dólares para o setor.

Um dos principais benefícios da IoT é a alta velocidade na geração de relatórios, o que reduz custos de comunicação e elimina erros ou omissões manuais. Isso permite um melhor controle e otimização do processo, com o auxílio de algoritmos avançados e inteligência artificial que interpretam os dados coletados (Al-Ali et al., 2017). A grande quantidade de dados obtida pela IoT aprimora o monitoramento e a análise em nível micro, resultando em maior responsabilização, transparência e acompanhamento da obra (Sun, 2012; Attia et al., 2018; Bibri, 2018).

Em resumo, a IoT se apresenta como uma ferramenta poderosa para transformar a indústria da construção, impulsionando a eficiência.

A implementação da IoT na construção abre um leque de oportunidades, desde a criação de novas funções (como programadores e analistas de dados trabalhando em equipe nos projetos) até a geração de um ambiente rico em dados para análises Big Data (Bilal et al., 2016). Essa tecnologia permite processar e transformar volumes de dados nunca antes vistos em informações úteis para solucionar problemas crônicos da indústria, como pedidos de indenização, disputas e baixa produtividade (Bibri, 2018; Louis e Dunston, 2018). As aplicações da IoT se estendem para além do canteiro de obras, impactando todo o ciclo de vida de uma edificação, desde a gestão de instalações até o gerenciamento de resíduos da demolição (Attia et al., 2018; Bibri, 2018).

Em resumo, a IoT na construção representa um passo importante para a indústria, promovendo inovação, eficiência e soluções para problemas antigos.

3- Paradigma interpretativista na análise da literatura: Desvendando novos conhecimentos em gestão da construção

Esta pesquisa adota um design filosófico interpretativista, utilizando a literatura publicada como unidade de análise (Roberts et al., 2019). Através dessa

abordagem, o estudo valoriza as nuances individuais e a variabilidade do pesquisador na interação com o material, permitindo a interpretação e a geração de novos conhecimentos, perspectivas e sabedoria (Dixon et al., 2020). Essa postura filosófica se classifica como um paradigma indutivo (Al-Saeed et al., 2019).

O interpretativismo tem sido amplamente utilizado na pesquisa em gestão da construção e engenharia civil, como em estudos sobre o desastre da Torre Grenfell (Mohamed et al., 2019), as barreiras à implementação do BIM na construção pré-fabricada na China (Tan et al., 2019) e o uso de inteligência artificial na indústria da construção (Darko et al., 2020). Para operacionalizar essa filosofia, a pesquisa empregou uma "revisão sistemática de métodos mistos" transversal, cujos benefícios foram destacados por Guetterman et al. (2019).

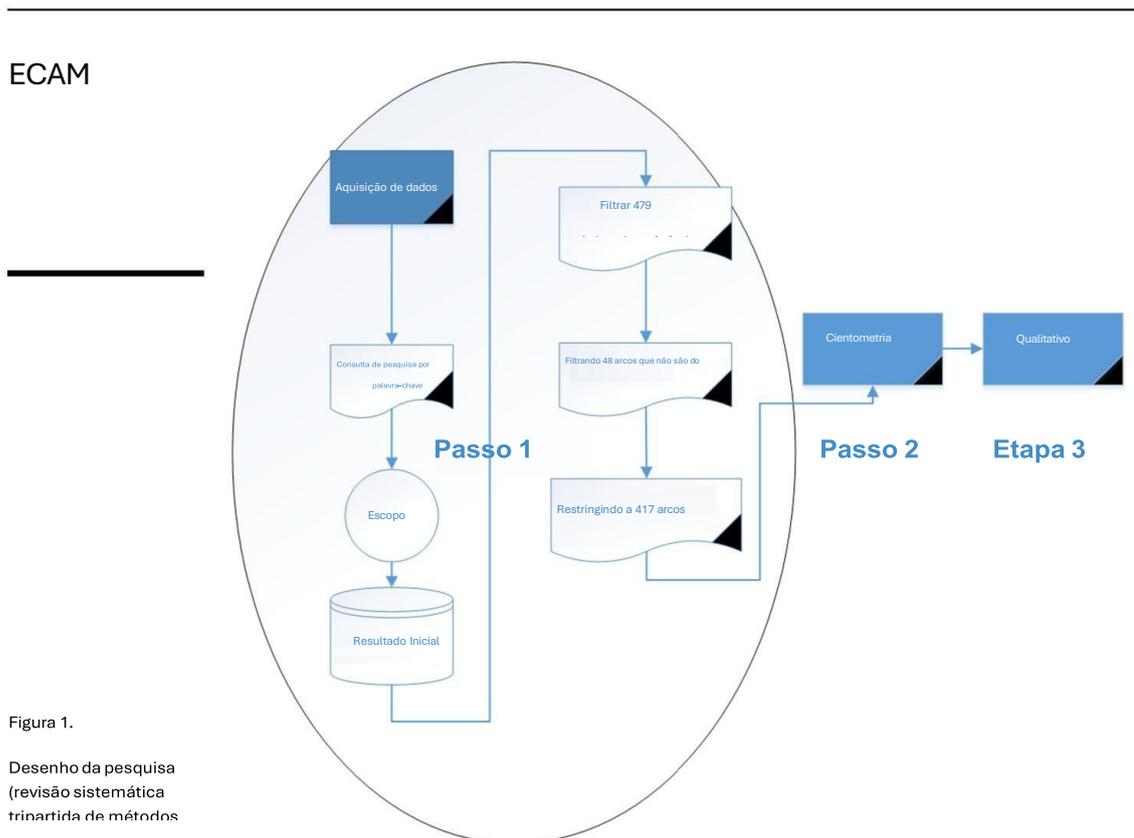
A marca registrada da pesquisa em métodos mistos reside na integração de dados quantitativos e qualitativos, gerando metainferências que ultrapassam as possibilidades de cada abordagem individual (Malina et al., 2011). Essa metodologia oferece uma lente objetiva aprimorada por meio de métodos quantitativos e qualitativos, superando vieses comuns em revisões sistemáticas manuais (Harden e Thomas, 2010; Jin et al., 2018, 2019).

O estudo em questão adota um desenho de pesquisa em três vertentes: (1) aquisição de dados, (2) análises cienciométricas e (3) análises qualitativas (Figura 1).

Aquisição de Dados: Dados para revisões sistemáticas em métodos mistos podem ser obtidos de diversas bases de dados, como Web of Science, PubMed, Google Scholar ou Scopus. O Scopus foi selecionado por sua ampla cobertura, processo de indexação rápido e inclusão de publicações recentes (Hosseini et al., 2018a, b). A consulta de pesquisa abrangeu termos relevantes na área, incluindo "Internet das Coisas", "Internet Industrial", "IoT", "sensores", "sistemas físicos cibernéticos", "rede de sensores sem fio" e "WSN". A pesquisa foi limitada a artigos publicados em periódicos Q1 da área de gestão de construção (Wing, 1997; Hosseini et al., 2015), incluindo Construction Management and Economics, Journal of Construction Engineering and Management, Journal of Computing in Civil Engineering, Engineering, Construction and Architectural Management, Construction Management and Economics, Automation in Construction, International Journal of Project Management e Construction Research and Information.

Análise dos Resultados: A análise dos dados seguirá um processo abrangente e rigoroso, integrando métodos quantitativos e qualitativos para gerar

insights abrangentes e confiáveis. A análise cientométrica mapeará a produção científica na área, identificando tendências de pesquisa, autores proeminentes e instituições de pesquisa relevantes. As análises qualitativas, por sua vez, explorarão os estudos em profundidade, permitindo a identificação de temas recorrentes, metodologias empregadas, resultados e conclusões.



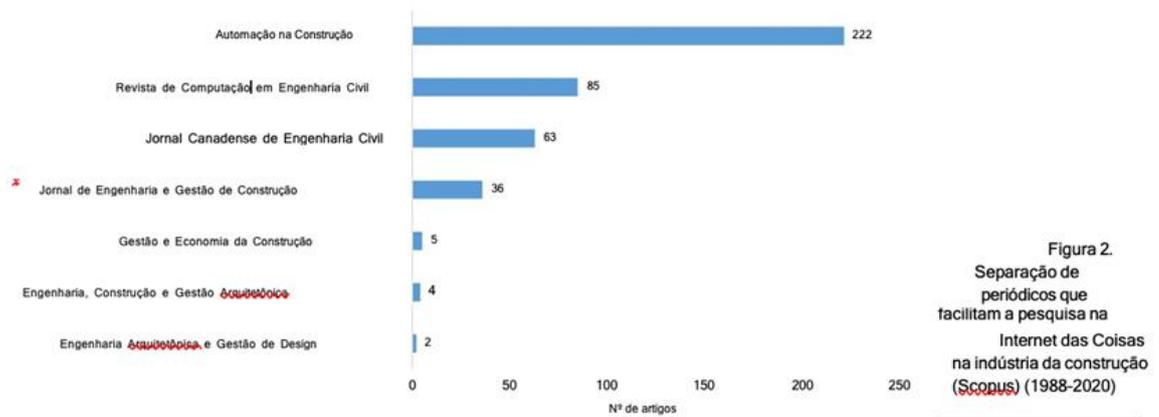
Para ampliar a pesquisa, foram adicionadas à lista revistas relevantes com artigos altamente citados, como Building and Environment, Canadian Journal of Civil Engineering e Journal of Computing in Civil Engineering, conforme sugerido por Yi e Chan (2014). Além disso, cinco outras revistas foram incluídas: Construction Innovation: Information, Process, Management; Engenharia Arquitetônica e Gestão de Projetos; Revista Internacional de Gestão de Construção; Revista Internacional de Educação e Pesquisa em Construção; e Jornal Australiano de Economia e Construção da Construção. A seleção dessas revistas adicionais se baseou na lista de Excelência em Pesquisa para a Austrália, conforme Hosseini et al. (2015). No entanto, alguns periódicos não continham artigos relevantes à pesquisa e foram automaticamente

omitidos, resultando em sete periódicos de alta qualidade para revisão, conforme detalhado na Figura 2.

Para garantir uma cobertura abrangente da literatura sobre IoT na construção civil, a pesquisa não teve limite temporal e focou em artigos publicados em periódicos, considerados mais influentes para mapeamento científico (Hosseini et al., 2018b; Santos et al., 2017). Artigos de conferências em gestão de construção e engenharia civil foram excluídos por serem numerosos e de menor qualidade científica (Butler e Visser, 2006). A busca por palavras-chave em resumo, título e palavras-chave resultou em 417 artigos de periódicos relevantes até 20 de fevereiro de 2020. Estes artigos, em inglês, foram submetidos à análise cienciométrica. A seleção de artigos de revisão visou um tamanho de amostra gerenciável para análises abrangentes e a oportunidade de mapear a literatura e as tendências de pesquisa na área (Mahon e Joyce, 2015).

A análise cienciométrica, utilizando técnicas computacionais quantitativas, é fundamental para analisar o conhecimento existente em uma área específica. Neste estudo, seguimos essa abordagem para mapear a pesquisa em Internet das Coisas (IoT) aplicada à indústria da construção. Inspirados por trabalhos anteriores em segurança na construção (Jin et al., 2019) e BIM (He et al., 2017), coletamos e visualizamos dados acadêmicos relevantes, traçando relações entre pesquisas semelhantes. Através dessa análise, obtemos uma visão abrangente do panorama da pesquisa em IoT para a construção, identificando tendências, lacunas e oportunidades futuras para o desenvolvimento da área.

O VOSviewer, um software gratuito e fácil de usar, se destaca como ferramenta ideal para a visualização de redes cienciométricas na área da construção. Sua simplicidade e a clareza dos resultados, mesmo para usuários com pouca experiência técnica, o tornaram um recurso cada vez mais popular entre pesquisadores da área (Jin et al., 2018, 2019). O VOSviewer oferece todas as funcionalidades básicas para a análise e representação gráfica de dados bibliométricos, permitindo aos usuários explorarem as relações entre autores, publicações, instituições e temas de pesquisa de forma intuitiva e eficiente.



A análise qualitativa deste estudo seguiu rigorosamente metodologias renomadas (Harden e Thomas, 2010; Roberts et al., 2018; Jin et al., 2019), buscando desvendar os conceitos e temas centrais presentes nos estudos selecionados. Através de um processo meticuloso de codificação em dois ciclos, garantimos a convergência interpretativa, conforme as diretrizes de Bazeley (2013). O objetivo final era construir uma síntese abrangente e uma avaliação crítica aprofundada da literatura sobre IoT no contexto da construção.

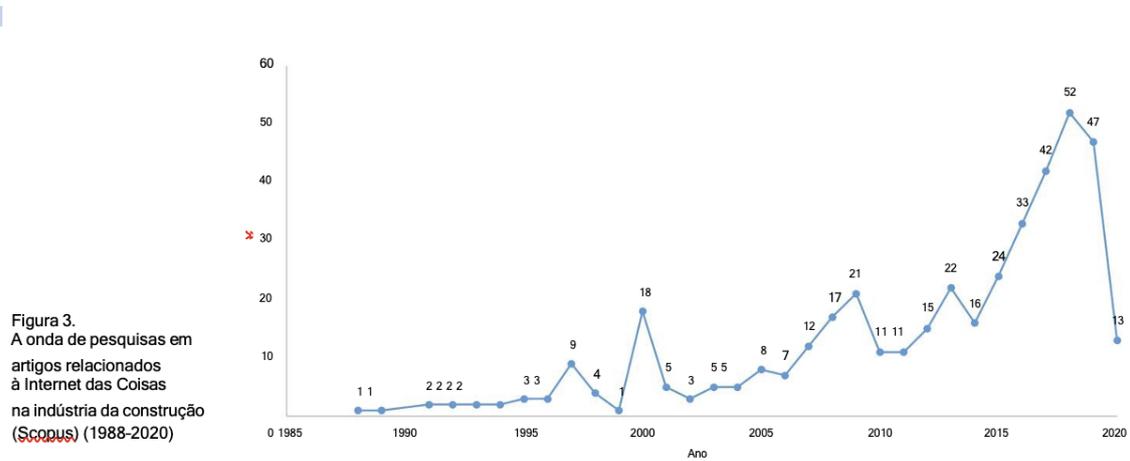
Nessa jornada, demos atenção especial não apenas às lacunas de conhecimento e limitações dos estudos analisados, mas também à formulação de sugestões para futuras pesquisas, abrindo caminho para novos avanços nesse campo promissor.

O estudo traça a trajetória da pesquisa em IoT para aplicações na construção, desde os primórdios em 1983 até o crescimento exponencial observado após 2015. A Figura 2 ilustra o número crescente de publicações dedicadas ao tema, com marcos importantes no ano 2000 (18 artigos) e entre 2018 e 2019 (52 e 47 artigos, respectivamente).

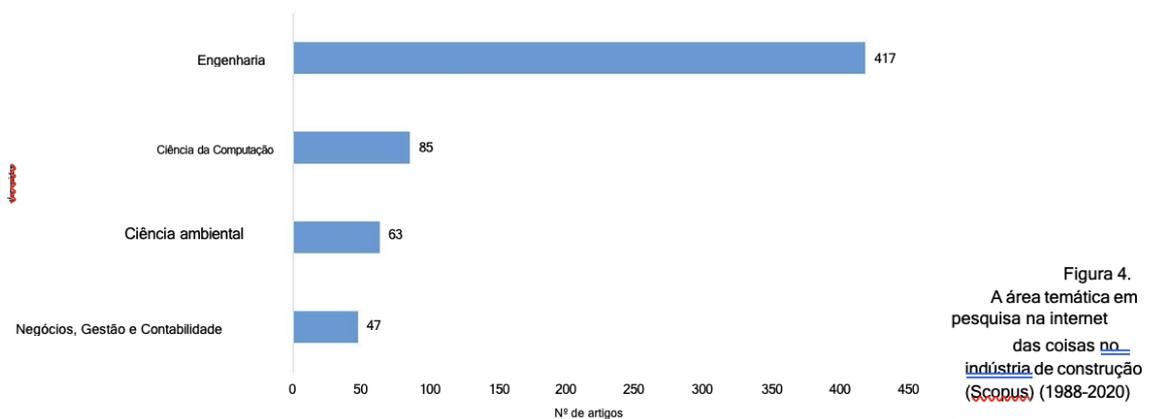
Vale destacar a contribuição pioneira do estudo "Projeto arquitetônico auxiliado por computador - Passado, Presente e Futuro" (Gero, 1983), publicado na *Architectural Science Review*. Esse trabalho discutiu o desenvolvimento de ferramentas CAD/CAM na arquitetura e a crescente adoção de software devido à queda no custo do hardware.

Atualmente, os principais periódicos que facilitam a pesquisa nessa área são: *Automation in Construction* (222 resultados), *Journal of Computing in Civil*

Engineering (85 resultados) e Canadian Journal of Civil Engineering (63 resultados). A Figura 3 apresenta os meios de pesquisa mais relevantes.



Ao analisarmos as áreas temáticas dos resultados da pesquisa neste campo, fica evidente a sua natureza multidisciplinar. A maioria dos artigos (5.417) se encaixa na categoria de periódicos de engenharia, mas também encontramos artigos em ciência da computação (585 ou 20,38%), ciências ambientais (563 ou 15,10%) e negócios, gestão e contabilidade (547 ou 11,27%). Isso demonstra a crescente interdisciplinaridade da área, com pesquisadores da construção civil publicando em periódicos de outras áreas (Figura 4). Essa tendência reflete a natureza cada vez mais complexa dos problemas enfrentados pela engenharia civil e a necessidade de colaboração com outras áreas do conhecimento para encontrar soluções eficazes.



Ao examinar as principais instituições de pesquisa em Inteligência Artificial, observamos que o Instituto de Tecnologia da Geórgia e a Universidade Politécnica de Hong Kong se destacam, com 517 artigos publicados cada uma. Em seguida, vêm a Universidade de Michigan, Ann Arbor (516 artigos) e a Universidade do Texas, Austin (511 artigos). A Figura 5 ilustra essa distribuição.

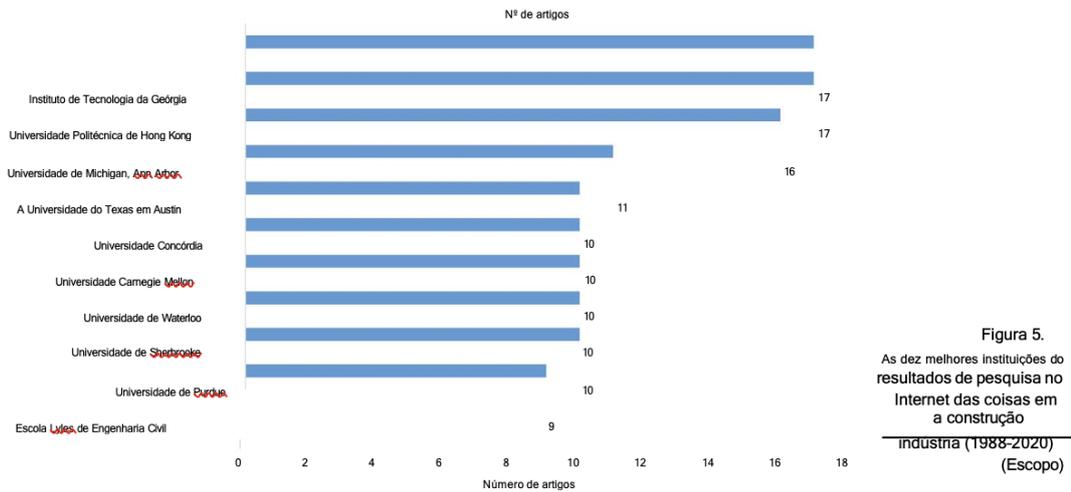


Figura 5. As dez melhores instituições do resultados de pesquisa no Internet das coisas em a construção indústria (1988-2020) (Escopo)

A National Science Foundation (NSF) dos Estados Unidos se destaca como a principal financiadora de pesquisas de alto impacto, com 528 artigos publicados. Em seguida, vem a Fundação Nacional de Ciências Naturais da China (NSFC) com 517 artigos e o Conselho de Pesquisa em Ciências Naturais e Engenharia do Canadá (NSERC) com 510 artigos (Figura 6).

Esses resultados demonstram o compromisso da NSF em promover o avanço do conhecimento científico em diversas áreas. A agência americana investe em pesquisas básicas e aplicadas, abrangendo desde biologia e tecnologia até estudos sociais e humanísticos.

O sucesso da NSF se reflete na qualidade e na relevância das pesquisas que apoia. Seus programas financiam descobertas inovadoras que contribuem para o progresso da sociedade e para a resolução de desafios globais.

A liderança da NSF na produção de pesquisas de alto impacto serve como modelo para outras agências de financiamento ao redor do mundo. Ao investir em pesquisas de qualidade, a NSF demonstra seu compromisso com o futuro da ciência e da tecnologia.



O VOSviewer exibiu apenas termos com 20 ou mais ocorrências, resultando em um conjunto de 105 termos de um total de 10.932. Desses 105 termos, apenas os 63 com maior relevância para a revisão foram selecionados. Alguns termos irrelevantes, como "comparação" e "tecnologia", foram omitidos manualmente.

A Figura 7 apresenta os 63 termos restantes agrupados em 4 clusters temáticos:

- **Cluster 1:** Monitoramento Estrutural da Saúde
- **Cluster 2:** Segurança na Construção
- **Cluster 3:** Otimização e Simulação
- **Cluster 4:** Processamento de Imagens

A análise textual revelou os principais temas relacionados à aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 na construção civil. Os clusters fornecem uma visão geral dos tópicos mais relevantes e podem auxiliar na pesquisa futura.

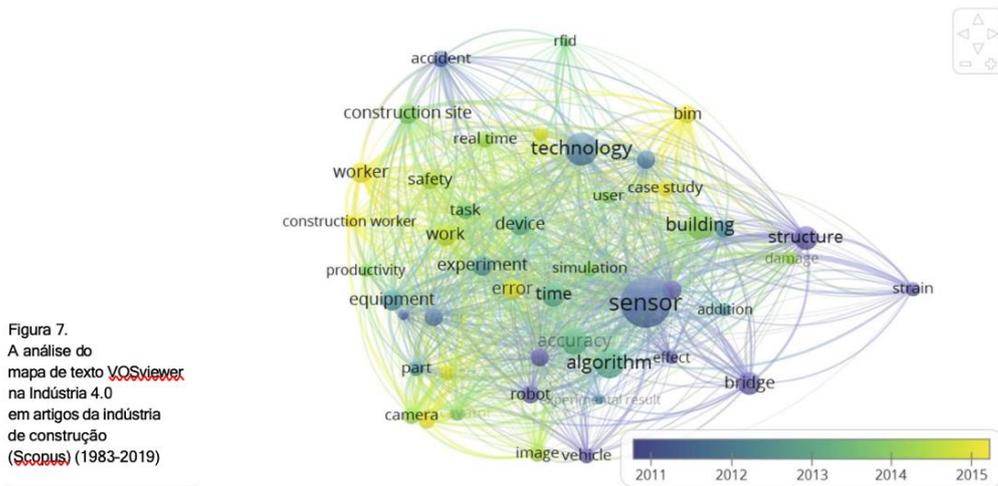
A seleção de termos e a agrupamento em clusters podem ser subjetivos e podem influenciar os resultados da análise. Estudos futuros podem utilizar diferentes métodos de análise textual para explorar os dados de forma mais aprofundada.

A análise textual dos termos relacionados à Indústria 4.0 na construção civil revelou quatro temas principais: monitoramento estrutural da saúde, segurança na construção, otimização e simulação, e processamento de imagens. Essa análise fornece insights valiosos para pesquisas futuras e para o desenvolvimento de novas tecnologias nesse campo.

Cluster 1

O monitoramento da saúde estrutural se destaca como um dos principais temas de pesquisa dentro do cluster 1 (Figura 7). Com 14 itens agrupados, este cluster

engloba termos como sensores, deformações, danos, componentes, pontes, BIM, estudos de caso, estratégias, tipos de estruturas, usuários, adições e efeitos. A investigação neste campo se concentra na aplicação de ferramentas e técnicas de IoT para fornecer informações em tempo real sobre a condição estrutural de edifícios e seus componentes, utilizando técnicas baseadas em sensores.



É notável que as técnicas de monitoramento da saúde estrutural e de sensores receberam o maior número de citações (representadas por círculos maiores) e possuem um ano médio de citação mais antigo. A escala 2011-2015 representa essa média, com a mudança de cor do azul profundo (temas mais antigos) para o amarelo claro (temas mais recentes).

Este cluster demonstra-se como um tema bem estabelecido e que vem recebendo significativa atenção da comunidade científica.

Cluster 2

A aplicação da Internet das Coisas (IoT) na construção tem se mostrado promissora, especialmente no que diz respeito à melhoria da segurança dos trabalhadores. Estudos recentes evidenciam um foco significativo na prevenção de acidentes e na proteção do bem-estar dos profissionais do setor.

Pesquisadores exploram o uso de diversos dispositivos e tecnologias, como etiquetas RFID, para monitorar trabalhadores em tempo real, identificar riscos potenciais e tomar medidas preventivas. Essa abordagem

inovadora contribui para a redução de acidentes e a melhoria da produtividade nas obras.

É importante destacar que a segurança na construção civil nem sempre recebe a devida atenção, principalmente em países em desenvolvimento. A aplicação da IoT surge como uma ferramenta poderosa para mudar essa realidade, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável para todos.

A variedade de temas abordados em pesquisas sobre IoT e segurança na construção (entre 2014 e 2015) demonstra o crescente interesse nessa área. Essa tendência indica que a inovação tecnológica continuará a desempenhar um papel fundamental na garantia da segurança dos trabalhadores da construção civil.

Cluster 3

Estudos de otimização e simulação são ferramentas essenciais para facilitar a implementação prática de tecnologias emergentes como a Internet das Coisas (IoT) (Brundu et al., 2016). Otimizar as tecnologias IoT para atender às demandas da indústria é crucial para transformar a teoria em realidade. Nesse contexto, pesquisas sobre precisão, algoritmos, erros, experimentação, resultados experimentais, GPS, objetos, posicionamento, robótica e simulação assumem grande importância.

A relevância desses temas se evidencia na variação média do ano de publicação, entre 2011 e 2012. Isso demonstra que o cluster de pesquisa em otimização e simulação para IoT está bem estabelecido na literatura e vem recebendo atenção significativa dos pesquisadores.

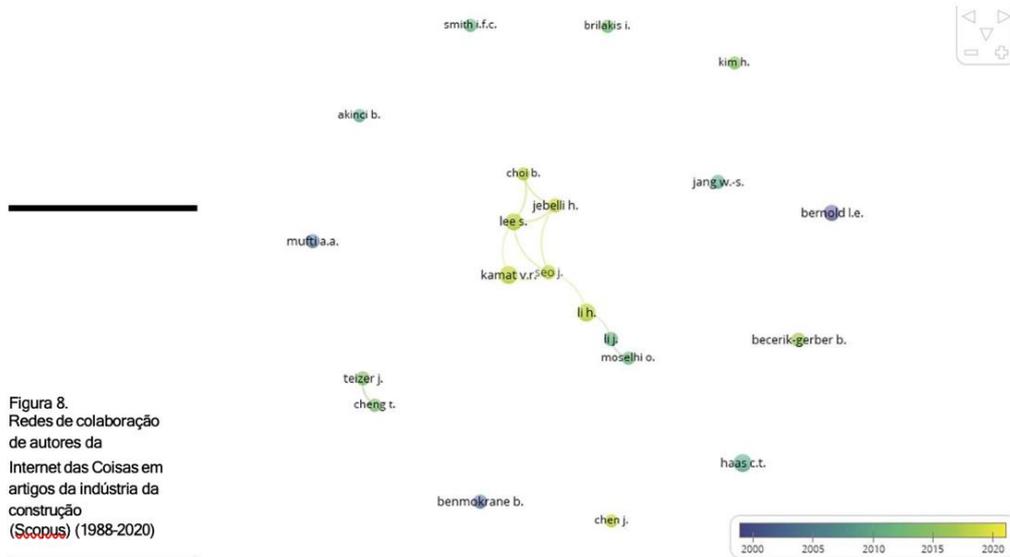
Cluster 4

O processamento de imagens se destaca como um dos principais focos de pesquisa na área da Internet das Coisas (IoT). Pesquisadores dedicam-se ao desenvolvimento de algoritmos inteligentes para análise de imagens de materiais de construção, com aplicações em controle de qualidade e gerenciamento de estoque (Anding et al., 2013).

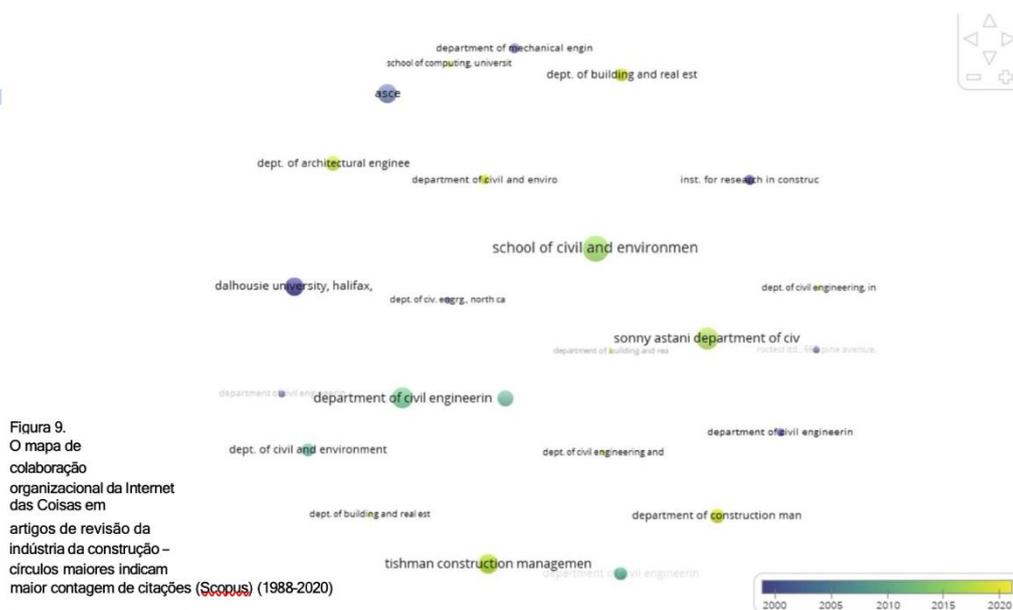
Diversos temas relacionados à visão computacional e IoT têm sido explorados, como: câmeras, equipamentos, escavadeiras, imagens, operadores, peças, tempo, veículos e visão.

Um estudo aprofundado das redes de colaboração entre autores foi realizado, com o objetivo de identificar pesquisadores de destaque e alto impacto na

área. A Figura 5 apresenta os autores com maior número de publicações, enquanto a Figura 8 destaca as redes colaborativas entre os autores mais citados, considerando um critério mínimo de cinco documentos para qualificação. Dos 1.111 autores analisados, apenas 21 atenderam a esse requisito.



Além disso, a pesquisa identificou três grandes grupos colaborativos de autores. A Figura 9 apresenta as instituições com maior impacto na área, considerando um critério mínimo de dois documentos para qualificação.



Por fim, as redes colaborativas entre países foram investigadas para mapear as principais colaborações e identificar as nações líderes nesse campo de pesquisa. Um critério mínimo de cinco documentos foi estabelecido, resultando na qualificação de 17 países de um total de 47. O mapa da rede de colaboração entre países é apresentado na Figura 10.

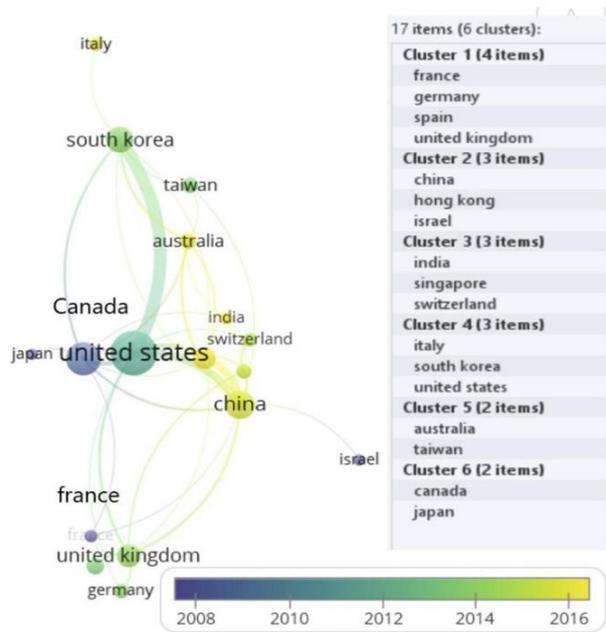


Figura 10. O mapa de colaboração nacional da pesquisa sobre Internet das Coisas na indústria da construção - círculos maiores indicam maior contagem de citações (Scopus) (1988-20

A **Internet das Coisas (IoT)** está se tornando uma necessidade crucial para o futuro da indústria da construção. Através da implementação de sensores e dispositivos conectados, a IoT permite a coleta e análise de dados em tempo real, abrindo um leque de oportunidades para **melhorar a eficiência, a segurança e a sustentabilidade** dos projetos.

Dados acionáveis em larga escala, obtidos através da IoT, possibilitam a otimização de processos, a redução de custos e o aumento da produtividade. A integração da IoT com o **BIM (Building Information Modeling)** cria **gêmeos digitais**, modelos virtuais que representam fielmente as características físicas e funcionais de uma construção. Essa tecnologia inovadora permite simulações precisas, facilitando o planejamento, a tomada de decisões e a detecção de problemas antes mesmo da obra ser iniciada.

A IoT também é fundamental para o desenvolvimento da Construção 4.0, um conceito que visa a transformação digital do setor através da automação, robótica e inteligência artificial. Essa indústria 4.0 da construção trará consigo maior eficiência operacional, menor impacto ambiental e canteiros de obras mais seguros.

Em resumo, a IoT se apresenta como uma ferramenta essencial para o futuro da construção, impulsionando inovações que impactam positivamente todos os aspectos da indústria, desde o projeto até a operação das edificações. A adoção dessa tecnologia permitirá a criação de um ambiente de construção mais inteligente, conectado e sustentável.

A Internet das Coisas (IoT) surge como uma aliada poderosa para a indústria da construção, oferecendo soluções inovadoras para os seus principais desafios. Através da implementação de sensores e dispositivos conectados, a IoT permite o monitoramento em tempo real de diversos parâmetros nas obras, desde condições ambientais até o desempenho de máquinas e equipamentos. Essa coleta de dados massiva, aliada a técnicas de análise de big data e mineração de dados, gera insights valiosos que otimizam a tomada de decisões, aumentam a eficiência operacional e reduzem custos.

Essa tecnologia revolucionária auxilia na superação das restrições de tempo e recursos comuns na indústria, possibilitando uma colaboração remota mais eficaz entre diferentes departamentos e equipes, mesmo em áreas geograficamente dispersas. Além disso, a IoT contribui para a segurança no canteiro de obras, monitorando os trabalhadores e o ambiente, prevenindo acidentes e promovendo um ambiente de trabalho mais seguro.

Em resumo, a IoT se apresenta como uma ferramenta essencial para a modernização da indústria da construção, impulsionando sua competitividade e abrindo caminho para um futuro mais eficiente, seguro e sustentável.

A indústria da construção está em um momento crucial de transformação. Para acompanhar a era da Indústria 4.0, é necessário abandonar os métodos tradicionais e abraçar a automação e a digitalização. Essa mudança trará diversos benefícios, como aumento da produtividade, eficiência e sustentabilidade ambiental. Além disso, possibilitará um planejamento e uma gestão mais dinâmicos, com dados em tempo real para tomadas de decisão mais assertivas.

A Internet das Coisas (IoT) será fundamental nesse processo. Através da coleta e análise de grandes volumes de dados, será possível ter uma visão completa das

operações, desde o canteiro de obras até a gestão dos ativos. Isso permitirá a otimização de processos, a identificação de gargalos e a tomada de decisões mais precisas, com impactos positivos na qualidade das obras, na redução de custos e na segurança dos trabalhadores.

Tecnologias inovadoras como robôs de alvenaria, drones para monitoramento aéreo, sensores inteligentes em componentes de construção e softwares de gestão de projetos integrados à IoT farão parte dessa nova realidade.

A indústria da construção 4.0 será mais eficiente, sustentável e segura, impulsionando o crescimento do setor e a qualidade de vida da população.

A Internet das Coisas (IoT) está revolucionando diversos setores, e a construção não é exceção. No entanto, a integração dessa tecnologia inovadora apresenta diversos desafios e oportunidades que exigem investigação aprofundada.

1. Mudanças nas Práticas Tradicionais: A IoT rompe com os métodos de trabalho da construção, exigindo pesquisas sobre como integrá-la aos fluxos de trabalho existentes, gerenciar a resistência à mudança e garantir a aceitação da tecnologia pelas empresas.

2. Competências e Funções Profissionais: A demanda por novos conhecimentos e habilidades é crucial para o sucesso da IoT na construção. Programas de treinamento e sistemas de gestão do conhecimento devem ser aprimorados para atender às necessidades específicas da indústria.

3. Viabilidade Econômica: A viabilidade da IoT para empresas de construção, especialmente PMEs, precisa ser investigada. Isso inclui o estudo de custos de implementação, retorno do investimento, otimização do tempo de adoção e o impacto na economia da construção como um todo.

4. Interoperabilidade: A integração das soluções de IoT com os sistemas existentes e a superação de problemas de interoperabilidade são essenciais para garantir um fluxo de dados eficiente e a otimização das operações.

5. Privacidade, Regulamentação e Gestão de Dados: A segurança e a privacidade dos dados coletados por sensores IoT exigem o desenvolvimento de sistemas robustos de gerenciamento de dados e frameworks legais adequados.

6. Ampliação do Escopo de Aplicação: A IoT na construção vai além do monitoramento estrutural e da segurança dos trabalhadores. A pesquisa deve explorar novas aplicações, como gerenciamento da cadeia de

suprimentos, logística e robótica remota para aprimorar a produtividade e a segurança.

7. Melhoria das Capacidades Existentes: O aprimoramento das funcionalidades e da operabilidade das soluções IoT dentro de seus domínios de aplicação atuais é crucial. Além disso, a pesquisa deve explorar a aplicação da IoT em áreas como robótica remota para solucionar problemas de saúde e segurança de trabalhadores solitários.

8. Mudanças na Gestão: A IoT exige uma mudança do modelo hierárquico para uma estrutura mais plana e colaborativa. Pesquisas sobre gestão da mudança e novos estilos de liderança são necessárias para auxiliar na adoção bem-sucedida das plataformas digitais.

9. Transferência de Tecnologia: A adaptação de soluções IoT de outros setores, como manufatura e mineração, para a construção pode trazer retornos financeiros significativos. A investigação nessa área deve focar na identificação de melhores práticas e na adaptação de tecnologias para o contexto da construção.

Ao abordar esses desafios e oportunidades de pesquisa, podemos garantir que a IoT seja integrada de forma eficaz à indústria da construção, impulsionando a produtividade, a segurança, a sustentabilidade e a inovação.

4- Considerações Finais

A Internet das Coisas (IoT) desponta como uma ferramenta revolucionária da Indústria 4.0 para o setor da construção, prometendo um impacto transformador a longo prazo. Apesar da pesquisa embrionária, mas em rápido crescimento, nesta área, estudos abrangentes ainda são escassos. Para suprir essa lacuna, este estudo apresenta a primeira análise sistemática da IoT na literatura da construção civil, utilizando uma metodologia robusta e abrangente.

Nossa investigação revela uma agenda de pesquisa concentrada em tópicos como monitoramento remoto da saúde estrutural, segurança da construção, otimização e simulação, e processamento de imagens. No entanto, essa concentração limita o potencial da IoT na construção.

Identificamos também a falta de colaboração aberta entre os pesquisadores, o que impede o avanço mais rápido da área. Essa fragmentação, somada à escassez de estudos sobre as implicações socioeconômicas e jurídicas da IoT, representa um obstáculo à adoção generalizada dessa tecnologia.

Diante desse cenário, destacamos a necessidade de:

- **Ampliar o escopo da pesquisa:** Investigar o impacto da IoT em diversos aspectos da construção, como gerenciamento de projetos, cadeia de suprimentos e modelos de negócios.
- **Fomentar a colaboração:** Incentivar a colaboração entre pesquisadores, instituições e empresas para acelerar o desenvolvimento e a implementação da IoT.
- **Explorar as dimensões socioeconômicas e jurídicas:** Analisar os impactos da IoT no mercado de trabalho, na economia e no sistema legal da construção civil.

Ao abordarmos esses desafios, abriremos caminho para a integração plena da IoT na indústria da construção, impulsionando a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade do setor. A IoT tem o potencial de transformar radicalmente a forma como construímos, projetando um futuro mais inteligente, conectado e resiliente para o setor.

É importante reconhecer que, apesar das valiosas contribuições deste estudo, seus resultados devem ser interpretados considerando as seguintes limitações:

1. **Limitações do Conjunto de Dados:** A análise se baseia em um conjunto de dados que inclui apenas estudos indexados até fevereiro de 2020. Isso significa que pesquisas mais recentes podem não estar refletidas nos resultados.
2. **Limitações do Scopus:** O Scopus, a base de dados utilizada para a pesquisa, pode ter limitações na indexação de alguns periódicos acadêmicos. Isso significa que alguns estudos relevantes podem ter sido omitidos da análise.
3. **Foco Descritivo:** O estudo se concentra principalmente em identificar "quais" problemas existem na literatura sobre IoT, em vez de explorar "por que" e "como" esses problemas surgem. Estudos futuros devem aprofundar-se nas causas e soluções para esses desafios.

Ao considerar essas limitações, os resultados do estudo fornecem uma visão valiosa da pesquisa em IoT até o início de 2020, mas pesquisas adicionais são necessárias para uma compreensão mais completa do campo.

REFERÊNCIAS

- Al-Ali, AR, Zualkernan, IA, Rashid, M., Gupta, R. e Alikarar, M. (2017), “Um sistema de gerenciamento de energia residencial inteligente usando IoT e abordagem de análise de big data”, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 426-434, doi: [10.1109/TCE.2017.015014](https://doi.org/10.1109/TCE.2017.015014).
- Al-Saeed, Y., P€arn, EA, Edwards, DJ e Scaysbrook, S. (2019), “Uma estrutura conceitual para a utilização de objetos digitais bim (bdo) em design e produção de manufatura: um estudo de caso”, Journal of Engenharia, Design e Tecnologia, Vol. 960-984, doi: [10.1108/JEDT-03-2019-0065#](https://doi.org/10.1108/JEDT-03-2019-0065#).
- Al-Saeed, Y., Edwards, DJ e Scaysbrook, S. (2020), “Automatizando procedimentos de fabricação de construção usando objetos digitais BIM (BDOs)”, Construction Innovation, Vol. 345-377, doi: [10.1108/CI-12-2019-0141](https://doi.org/10.1108/CI-12-2019-0141).
- Alaloul, WS, Liew, MS, Zawawi, NAWA e Kennedy, IB (2020), “Revolução Industrial 4.0 na indústria da construção: desafios e oportunidades para as partes interessadas”, Ain Shams Engineering Journal, Vol. 11 Nº 1, pp. doi: [10.1016/j.asej.2019.08.010](https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.010).
- Anding, K., Garten, D. e Linß, E. (2013), “Aplicação de processamento inteligente de imagens na indústria de materiais de construção”, ACTA IMEKO, Vol. 2 Nº 1, pp. 61-73, doi: [10.21014/acta_imeko.v2i1.100](https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v2i1.100).
- Arashpour, M., Bai, Y., Aranda-mena, G., Bab-Hadiashar, A., Hosseini, R. e Kalutara, P. (2017), “Otimizando decisões na fabricação avançada de produtos pré-fabricados: teorizando a cadeia de suprimentos configurações em construção externa”, Automation in Construction, Vol. 146-153, doi: [10.1016/j.autcon.2017.08.032](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.032).
- Arvis, J.-F., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., Raj, A. e Naula, T. (2016), Connecting to Compete 2016: Trade Logistics in the Economia Global – Índice de Desempenho Logístico e Seus Indicadores, Banco Mundial, [disponível em : https://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/06/28/connecting-to-competite-2016-trade-logistics -na-economia-global](https://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/06/28/connecting-to-competite-2016-trade-logistics-na-economia-global) (acessado em 23 de abril de 2020).
- Ashton, K. (2009), “Essa coisa de 'internet das coisas'”, jornal RFID, Vol. 22 Nº 7, pp.
- Attia, M., Haidar, N., Senouci, SM e Aglzim, E. (2018), “Rumo a uma gestão eficiente de energia para reduzir as emissões de CO2 e o custo de faturamento em edifícios inteligentes”, 2018 15ª Conferência Anual de Comunicações e Redes de Consumidores do IEEE (CCNC), 12 a 15 de janeiro de 2018, pp .

[1109/CCNC.2018.8319226](https://doi.org/10.1109/CCNC.2018.8319226).

Atzori, L., Iera, A. e Morabito, G. (2010), “A internet das coisas: uma pesquisa”, *Redes de Computadores*, Vol. 54 N° 15, pp. 2787-2805, doi: [10.1016/j.comnet.2010.05.010](https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010).

Axelsson, J., Fr€oberg, J. e Eriksson, P. (2019), “Arquitetura de sistemas de sistemas e seus constituintes: um estudo de caso aplicando a Indústria 4.0 no domínio da construção”, *Engenharia de Sistemas*, Vol. 22 No. 6, pp. 455-470, doi: [10.1002/sys.21516](https://doi.org/10.1002/sys.21516).

Bademosi, F., Blinn, N. e Issa, RR (2019), “Uso de tecnologia de realidade aumentada para melhorar a compreensão de montagens de construção”, *Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 24 N° 4, pp. 58-79, disponível em: <http://www.itcon.org/2019/4>.

Balaji, MS e Roy, SK (2017), “Cocriação de valor com tecnologia de Internet das coisas no setor de varejo”, *Journal of Marketing Management*, Vol. 33 Nos 1-2, pp. 7-31, doi: [10.1080/0267257X.2016.1217914](https://doi.org/10.1080/0267257X.2016.1217914).

Bazeley, P. (2013), *Análise qualitativa de dados: estratégias práticas*, SAGE, Thousand Oaks, CA.

Bebelaar, N., Braggaar, RC, Kleijwegt, CM, Meulmeester, RWE, Michailidou, G., Salheb, N., van der Spek, S., Vaissier, N. e Verbree, E. (2018), “Monitoramento urbano fenômenos ambientais através de uma rede de sensores [distribuídos sem fio](https://doi.org/10.1108/SASBE-10-2017-0046)”, *Ambiente Construído Inteligente e Sustentável*, Vol. 7 N° 1, pp. 68-79, doi: [10.1108/SASBE-10-2017-0046](https://doi.org/10.1108/SASBE-10-2017-0046).

Bensalah, M., Elouadi, A. e Mharzi, H. (2019), “Visão geral: a oportunidade do BIM na ferrovia”, *Ambiente Construído Inteligente e Sustentável*, Vol. 8 N° 2, pp. 103-116, doi: [10.1108/SASBE-11-2017-0060](https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2017-0060).

Berawi, MA, Sunardi, A. e Ichsan, M. (2019), “Chief-screen 1.0 como a plataforma de internet das coisas no monitoramento e controle de projetos para melhorar o desempenho do cronograma do projeto”, *Procedia Computer Science*, Vol. 161, pp. .

Bibri, SE (2018), “A IoT para cidades inteligentes e sustentáveis do futuro: uma estrutura analítica para aplicações de big data baseadas em sensores para a sustentabilidade ambiental”, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 38, pp. 230-253, doi: [10.1016/j.scs.2017.12.034](https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.034).

Bilal, M., Oyedele, LO, Qadir, J., Munir, K., Ajayi, SO, Akinade, OO, Owolabi, HA, Alaka, HA e Pasha, M. (2016), “Big Data na indústria da construção : uma revisão da situação atual, oportunidades e tendências futuras”, *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 30 N° 3, pp.

Brundu, FG, Patti, E., Osello, A., Del Giudice, M., Rapetti, N., Krylovskiy, A., Jahn, M., Verda, V., Guelpa, E. e Rietto, L. (2016), “Infraestrutura de software IoT para

gestão e simulação de energia em cidades inteligentes”, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 832-840, doi: [10.1109/TII.2016.2627479](https://doi.org/10.1109/TII.2016.2627479).

Bu, S., Shen, G., Anumba, CJ, Wong, AKD e Liang, X. (2015), “Revisão da literatura sobre projeto de retrofit verde para edifícios comerciais com implicação BIM”, Ambiente Construído Inteligente e Sustentável, Vol. 4 N° 2, pp. 188-214, doi: [10.1108/SASBE-08-2014-0043](https://doi.org/10.1108/SASBE-08-2014-0043).

Butler, L. e Visser, MS (2006), “Estendendo a análise de citações a itens não-fonte”, Scientometrics, Vol. 327-343, doi: [10.1007/s11192-006-0024-1](https://doi.org/10.1007/s11192-006-0024-1).

Caneppele, S. e Aebi, MF (2019), “Queda de crimes ou fracasso na gravação policial? sobre a relação entre a diminuição do crime offline e o aumento dos crimes online e híbridos”, Policing: A Journal of Policy and Practice, Vol. 66-79, doi: [10.1007/s11192-006-0024-1](https://doi.org/10.1007/s11192-006-0024-1).

Carmona, AM, Chaparro, AI, Velasquez, R., Botero-Valencia, J., Castano-Londono, L., Marquez-Viloria, D. e Mesa, AM (2019), “Instrumentação e metodologia de coleta de dados para aumentar a produtividade em canteiros de obras usando sistemas embarcados e tecnologias IoT”, Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering, Springer, ISBN 978-3-030-00219-0, doi: [10.1007/978-3-030-00220-6_76](https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_76).

Chamberlain, D., Edwards, DJ, Lai, J. e Thwala, WD (2019), “Gerenciamento de mega eventos do Grande Prêmio de Fórmula 1: uma análise da literatura”, Facilities, Vol. 37 Nos 13-14, pp . [1108/F-07-2018-0085](https://doi.org/10.1108/F-07-2018-0085).

Chiang, Y.-H., Tao, L. e Wong, FK (2015), “Relação causal entre atividades de construção, emprego e PIB: o caso de Hong Kong”, Habitat International, Vol. 46, pp. 1-12, doi: [10.1016/j.habitatint.2014.10.016](https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.10.016).

Cobo, MJ, Lopez-Herrera, AG, Herrera-Viedma, E. e Herrera, F. (2011), “Ferramentas de software de mapeamento científico: revisão, análise e estudo cooperativo entre ferramentas”, Journal of the American Society for Information Science e Tecnologia, vol. 62 N° 7, pp.

Colakovic, A. e Hadzialic, M. (2018), “Internet das Coisas (IoT): uma revisão de tecnologias facilitadoras, desafios e questões de pesquisa abertas”, Computer Networks, Vol. 144, pp. 17-39, doi: [10.1016/j.comnet.2018.07.017](https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.07.017).

Craveiro, F., Duarte, JP, Bartolo, H. e Bartolo, PJ (2019), “O fabrico aditivo como tecnologia facilitadora da construção digital: uma perspectiva sobre a Construção 4.0”, Automação na Construção, Vol. 103, pp. 251-267, doi: [10.1016/j.autcon.2019.03.011](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.011).

Dallasega, P. (2018), “Indústria 4.0 promovendo o gerenciamento da cadeia de suprimentos de construção: lições aprendidas com fornecedores do engenheiro sob encomenda”, IEEE Engineering Management Review, Vol. 46 N° 3, pp. 49-55, doi: [10.1109/EMR.2018.2861389](https://doi.org/10.1109/EMR.2018.2861389).

Darko, A., Chan, APC, Adabre, MA, Edwards, DJ, Hosseini, MR e Ameyaw, EE (2020), “Inteligência artificial na indústria AEC: análise cienciométrica e visualização de atividades de pesquisa”, *Automation in Construction*, Vol. . 112, pág. 103081, doi: [10.1016/j.autcon.2020.103081](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103081).

Dave, B., Buda, A., Nurminen, A. e Fr€amling, K. (2018), “Uma estrutura para integração de BIM e IoT através de padrões abertos”, *Automation in Construction*, Vol. 95, pp. 35-45, doi: [10.1016/j.autcon.2018.07.022](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.022).

Dewan, S. e Singh, L. (2020), “Uso de blockchain na concepção de cidades inteligentes”, *Inteligente e Sustentável Ambiente construído*. doi: [10.1108/sasbe-06-2019-0078](https://doi.org/10.1108/sasbe-06-2019-0078).

Dixon, C., Edwards, DJ, Lai, HK, Garcia-Mateo, M., Thwala, WD e Shelbourne, M. (2020), “Uma investigação sobre os comportamentos errôneos de acesso e saída de usuários de edifícios e seu impacto na construção desempenho”, *Instalações*. doi: [10.1108/F-05-2019-0053](https://doi.org/10.1108/F-05-2019-0053).

Dwivedi, AD, Srivastava, G., Dhar, S. e Singh, R. (2019), “Uma blockchain de saúde descentralizada que preserva a privacidade para IoT”, *Sensores*, Vol. 19 N° 2, pág. 326, doi: [10.3390/s19020326](https://doi.org/10.3390/s19020326).

Eastman, CMA, Lee, G., Sacks, R. e Teicholz, PM (2018), *Manual BIM: Um guia para modelagem de informações de construção para proprietários, gerentes, projetistas, engenheiros e empreiteiros*, Wiley, Hoboken, NJ.

Edwards, DJ, P€arn, EA, Love, PED e El-Gohary, H. (2017), “Machinery, alforria e maquinações económicas”, *Journal of Business Research*, Vol. 391-394, doi: [10.1016/j.jbusres.2016.08.012](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.012).

Edwards, D., P€arn, E., Sing, C. e Thwala, WD (2019), “Risco de tombamento de escavadeiras: determinação da força centrífuga horizontal ao girar cargas suspensas livremente”, *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 479-498, doi: [10.1108/ECAM-03-2018-0125](https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2018-0125).

Farooq, MU, Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A. e Kamal, T. (2015), “Uma revisão sobre internet das coisas (IoT)”, *International Journal of Computer Applications*, Vol. 113 N° 1, pp.

Fernando, S., Panuwatwanich, K. e Thorpe, D. (2019), “Analisando facilitadores de inovação liderados pelo cliente em [projetos de construção australianos](https://doi.org/10.1108/IJMPB-08-2018-0150)”, *International Journal of Management Projects in Business*. doi: [10.1108/IJMPB-08-2018-0150](https://doi.org/10.1108/IJMPB-08-2018-0150).

Fewings, P. e Henjewe, C. (2019), *Gerenciamento de projetos de construção: uma abordagem integrada*, Routledge, ISBN -13: 978-0415359061.

Gamil, Y., Abdullah, MA, Abd Rahman, I. e Asad, MM (2020), “Internet das coisas na revolução da indústria da construção 4.0”, *Journal of Engineering, Design and Technology*, doi: [10.1108/JEDT-06-2019-0164](https://doi.org/10.1108/JEDT-06-2019-0164).

Gammon, TJPS (2020), “Reflexões sobre taxas de lesões ocupacionais fatais nos EUA vs”, Países Importadores”, Vol. 65 Nº 01, pp. 39-46, disponível em: <https://www.onepetro.org/journal-paper/ASSE-20-01-39>.

Gero, JS (1983), “Projeto arquitetônico auxiliado por computador - passado, presente e futuro”, Architectural Science Review, Vol. 26 Nº 1, pp. 2-5, doi: [10.1080/00038628.1983.9697249](https://doi.org/10.1080/00038628.1983.9697249).

Ghosh, A., Edwards, DJ, Hossieni, MR, Al-Ameri, R., Abewajy, J. e Thwala, WD (2020), “Monitoramento da saúde estrutural em tempo real para vigas de concreto: uma 'indústria 4.0 econômica' ' solução usando sensores piezo”, International Journal of Building Pathology and Adaptation, doi: [10.1108/IJBPA-12-2019-0111](https://doi.org/10.1108/IJBPA-12-2019-0111).

Golizadeh, H., Hon, CKH, Drogemuller, R. e Reza Hosseini, M. (2018), “Potencial da engenharia digital na abordagem [das causas de acidentes de construção](#)”, *Automation in Construction*, Vol. 284-295, doi: [10.1016/j.autcon.2018.08.013](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.08.013).

Harden, A. e Thomas, J. (2010), “Métodos mistos e revisões sistemáticas”, em TASHAKKORI, A. e TEDDLIE, C. (Eds), Sage Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioral Research, 2ª ed, Sage , Thousand Oaks, CA, ISBN:-13: 978-1412972666.

He, Q., Wang, G., Luo, L., ShiXie, QJ e Meng, X. (2017), “Mapeando as áreas gerenciais de Building Information Modeling (BIM) usando análise cienciométrica”, International Journal of Project Management, Vol. 35 Nº 4, pp. 670-685, doi: [10.1016/j.ijproman.2016.08.001](https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.08.001).

Heiskanen, A. (2017), “A tecnologia da confiança: como a Internet das Coisas e o blockchain poderiam inaugurar uma nova era de produtividade na construção”, Construction Research and Innovation, Vol. 66-70, doi: [10.1080/20450249.2017.1337349](https://doi.org/10.1080/20450249.2017.1337349).

Hosseini, MR, Chileshe, N., Zuo, J. e Baroudi, B. (2015), “Adotando equipes globais de engenharia virtual em projetos AEC”, Construction Innovation, Vol. 15 Nº 2, pp. 151-179, doi: [10.1108/CI-12-2013-0058](https://doi.org/10.1108/CI-12-2013-0058).

Hosseini, MR, Maghrebi, M., Akbarnezhad, A., Martek, I. e Arashpour, M. (2018a), “Análise de redes de citação na pesquisa de modelagem de informações de construção”, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 144 nº 8, 04018064.

Hosseini, MR, Martek, I., Zavadskas, EK, Aibinu, AA, Arashpour, M. e Chileshe, N. (2018b), “Avaliação crítica de pesquisa [de construção externa: uma análise cienciométrica](#)”, *Automation in Construction*, Vol. . 235-247, doi: [10.1016/j.autcon.2017.12.002](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.002).

Jin, R., Gao, S., Cheshmehzangi, A. e Aboagye-Nimo, E. (2018), “Uma revisão holística da literatura de construção externa publicada entre 2008 e 2018”, Journal of Cleaner Production. doi: [10.1016/j.jclepro.2018.08.195](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.195).

Jin, R., Zou, PXW, Piroozfar, P., Wood, H., Yang, Y., Yan, L. e Han, Y. (2019), “Uma revisão baseada em abordagem de mapeamento científico de pesquisa de segurança na construção”, *Ciência da Segurança*, Vol. 285-297, doi: [10.1016/j.ssci.2018.12.006](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.12.006).

Kaklauskas, A. e Gudauskas, R. (2016), “17 - sistemas inteligentes de apoio à decisão e a Internet das Coisas para o ambiente construído inteligente”, in Pacheco-Torgal, F., Rasmussen, E., granqvist, C. -G., Ivanov, V., Kaklauskas, A. e makonin, S. (Eds), *Criação de Start-Up*, Woodhead Publishing. Khajavi, SH, Motlagh, NH, Jaribion, A., Werner, LC e Holmström, J. (2019), “Gêmeo digital: visão, benefícios, limites e criação para edifícios”, *IEEE Access*, Vol. 7, pp .

Kobusinska, A., Leung, C., Hsu, C.-HS, R. e Chang, V. (2018), “Tendências emergentes, questões e desafios na Internet das Coisas, Big Data e computação em nuvem”, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 87, pp .

Kumar, SA, Vealey, T. e Srivastava, H. (2016), “Segurança na Internet das coisas: desafios, soluções e direções futuras”, 2016 49ª Conferência Internacional do Havaí sobre Ciências de Sistemas (HICSS), IEEE, pp. 5781.

Langmade, L. (2017), “A produtividade na indústria da construção está diminuindo — veja como o celular pode ajudar”, [disponível em: https://blog.plangrid.com/2017/11/productivity-construction-industry-declining-heres-mobile-can-help-infográfico/?doing_wp_cron51565208511.4229009151458740234375](https://blog.plangrid.com/2017/11/productivity-construction-industry-declining-heres-mobile-can-help-infográfico/?doing_wp_cron51565208511.4229009151458740234375) (acessado em 8 de novembro de 2017).

Levin, PH (1964), “Uso de gráficos para decidir o layout ideal de edifícios”, *The Architects' Journal*, Vol. 7, páginas 809-815.

Li, Y. e Liu, C. (2019), “Aplicações de tecnologias de drones multirrotor na gestão de construção”, *International Journal of Construction Management*, Vol. 19 N° 5, pp.

Li, J., Greenwood, D. e Kassem, M. (2019), “Blockchain no ambiente construído e na indústria da construção: uma revisão sistemática, modelos conceituais e casos de uso prático”, *Automation in Construction*, Vol. 102, pp.

Loosemore, M. (2015), “Inovação na construção: perspectiva de quinta geração”, *Journal of Management em Engenharia*, vol. 31 N° 6, 04015012, doi: [10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000368](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000368).

Louis, J. e Dunston, PS (2018), “Integrando IoT em fluxos de trabalho operacionais para tomada de decisão automatizada e em tempo real em operações repetitivas de construção”, *Automation in Construction*, Vol. 94, pp.

Madakam, S. e Uchiya, T. (2019), “Internet industrial das coisas (IIoT): princípios, processos e protocolos”, em Mahmood, Z. (Ed.), *A Internet das Coisas no Setor Industrial. Comunicações e Redes de Computadores*, Springer, Cham, doi: [10.1007/978-3-030-24892-5_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24892-5_2).

Mahon, NA e Joyce, CW (2015), “Uma análise bibliométrica dos 50 artigos mais citados em fissura labiopalatina”, *Journal of plastic Surgery and Hand Surgery*, Vol. 52-58, doi: [10.3109/ 2000656X.2014.951053](https://doi.org/10.3109/2000656X.2014.951053).

Malina, MA, Nørreklit, HS e Selto, FH (2011), “Lições aprendidas: vantagens e desvantagens da pesquisa de métodos mistos”, *Pesquisa Qualitativa em Contabilidade e Gestão*, Vol. 8 N° 1, pp.

Maskuriy, R., Selamat, A., Maresova, P., Krejcar, O. e David, OO (2019), “Indústria 4.0 para a indústria da construção: revisão da perspectiva de gestão”, *Economies*, Vol. 7 N° 3, pág. 68.

Melia-Seguý, J. e Vilajosana, X. (2019), “Sensor de umidade onipresente na indústria automobilística com base em [etiquetas RFID UHF padrão](#)”, 2019 [Conferência Internacional IEEE sobre RFID \(RFID\)](#), IEEE, pp. 10.1109/RFID.2019.8719092.

Mohamed, IF, Edwards, DJ, Mateo-Garcia, M., Costin, G. e Thwala, WDD (2019), “Uma investigação sobre a visão da indústria da construção sobre a prevenção de incêndios em edifícios altos pós Grenfell”, *International Journal of Patologia da Construção e Adaptação*. doi: [10.1108/IJBPA- 05-2019-0048](https://doi.org/10.1108/IJBPA-05-2019-0048).

Mourtzis, D., Vlachou, E. e Milas, N. (2016), “Big data industrial como resultado da adoção de IoT em fabricação”, *Procedia Cirp*, Vol. 55, pp.

Newman, C., Edwards, DJ, Martek, I., Lai, J. e Thwala, WD (2020), “Implantação da indústria 4.0 na indústria da construção: uma revisão bibliométrica da literatura e estudo de caso baseado no Reino Unido”, *Inteligente e Sustentável Ambiente Construído*, doi: [10.1108/SASBE-02-2020-0016](https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2020-0016).

Nieuwenkamp, R. (2016), “O setor global da construção precisa de um grande impulso na responsabilidade corporativa”, disponível em: <http://oecdinsights.org/2016/08/22/global-construction-sector-corporate-responsibility/> (acessado em 22 de agosto de 2016-2019).

Niu, Y., Lu, W., Chen, K., Huang, GG e Anumba, C. (2015), “Objetos de construção inteligentes”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 30 N° 4, 04015070, doi: [10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487. 0000550](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000550).

Oesterreich, TD e Teuteberg, F. (2016), “Compreendendo as implicações da digitalização e automação no contexto da Indústria 4.0: uma abordagem de triangulação e elementos de uma agenda de pesquisa para a indústria da construção”, *Computers in Industry*, Vol. 83, pp. 121-139, doi: [10.1016/ j.compind.2016.09.006](https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006).

Oraee, M., Hosseini, MR, Papadonikolaki, E., Palliyaguru, R. e Arashpour, M. (2017), “Colaboração em redes de construção baseadas em BIM: uma revisão bibliométrica-qualitativa da literatura”, *International Journal of Project Management*, Vol. 35 N° 7, pp. Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P. e Georgakopoulos, D. (2014),

“Computação consciente do contexto para a Internet das coisas: uma pesquisa”, tutoriais de pesquisas de comunicações do IEEE.

Ramasundara, Y., Johnson, A. e Baumeister, D. (2018), “Oportunidade de IoT da Austrália: impulsionando o [crescimento futuro, um relatório ACS](https://www.acs.org.au/insightsandpublications/reports-publications/iot-opportunity.html)”, ACS. disponível em : <https://www.acs.org.au/insightsandpublications/reports-publications/iot-opportunity.html> (acessado em 23 de abril de 2020).

Reportlinker (2019), Construction Global Market Report [Online], PR Newswire Association LLC, disponível em: <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-global-construction-market-was-estimated-to-be-17.140-bilhoes-em-2017-300713756.html> (acessado em 24 de abril de 2020).

Riaz, Z., Edwards, DJ e Thorpe, A. (2006), “SightSafety: um sistema híbrido de tecnologia de informação e comunicação para reduzir colisões entre veículos/pedestres”, Automation in Construction, Vol. 719-728, doi: [10.1016/j.autcon.2005.09.004](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.09.004).

Riaz, Z., PÉarn,EA, Edwards, DJ, Arslan, M., Shen, C. e Pena-Mora, F. (2017), “BIM e sistema de gerenciamento de dados baseado em sensores para monitoramento de segurança de construção”, Jornal de Engenharia, Design e Tecnologia, Vol. 738-753, doi: [10.1108/JEDT-03-2017-0017](https://doi.org/10.1108/JEDT-03-2017-0017).

Roberts, CJ, PÉarn,EA, Edwards, DJ e Aigbavboa, C. (2018), “Digitalização da gestão de ativos: benefícios concomitantes e desafios persistentes”, International Journal of Building Pathology and Adaptation, Vol. 36 N° 2, pp. 152-173, doi: [10.1108/IJBPA-09-2017-0036](https://doi.org/10.1108/IJBPA-09-2017-0036).

Roberts, C., Edwards, DJ, Hosseini, MR, Mateo-Garcia, M. e Owusu-Manu, D.-G. (2019), “Avaliação pós-ocupação: uma revisão da literatura”, Engenharia, Construção e Gestão Arquitetônica. doi: [10.1108/ECAM-09-2018-0390](https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2018-0390).

Santos, R., Costa, AA e Grilo, A. (2017), “Análise bibliométrica e revisão da literatura sobre Building Information [Modeling publicada entre 2005 e 2015](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005)”, Automation in Construction, Vol. 80, pp. 118-136, doi: [10.1016/j.autcon.2017.03.005](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005).

Slaughter, ES (2000), “Implementação de inovações em construção”, Building research information Management, Vol. 28 n° 1, pp. 2-17, doi: [10.1080/096132100369055](https://doi.org/10.1080/096132100369055).

Sawhney, A., Riley, M. e Irizarry, J. (2020), Construção 4. 0: Uma plataforma de inovação para o construído Meio Ambiente, Routledge, Milton, ISBN 9780367027308.

Souder, JJ e Clark, WE (1963), “Tecnologia computacional: uma nova ferramenta para planejamento”, AIA Journal, Vol. 10, pp. 97-106.

Souri, A., Hussien, A., Hoseyninezhad, M. e Norouzi, M. (2019), “Uma revisão sistemática das estratégias de comunicação de IoT para um ambiente inteligente

eficiente”, Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, e3736, doi: [10.1002/et.3736](https://doi.org/10.1002/et.3736).

Sriram, C., Azam, M. e Nieuwland, MV (2013), The Construction Productivity Imperative, McKinsey and Company, [disponível em: https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/o-imperativo-da-productividade-da-construcao](https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/o-imperativo-da-productividade-da-construcao) (acessado em 23 de abril de 2020).

Sun, J. (2012), “Design e implementação de sistema de gerenciamento logístico baseado em IOT”, 2012 IEEE Symposium on Electrical & Electronics Engineering (EESYM), 24-27 de junho de 2012, pp. [.2012.6258730](https://doi.org/10.1109/EESYM.2012.6258730).

Sutrisna, M., Cooper-Cooke, B., Goulding, J. e Ezcan, V. (2019), “Investigando o custo da construção externa de moradias na Austrália Ocidental”, International Journal of Housing Markets and Analysis, Vol. 5-24, doi: [10.1108/IJHMA-05-2018-0029](https://doi.org/10.1108/IJHMA-05-2018-0029).

Tan, T., Chen, K., Xue, F. e Lu, W. (2019), “Barreiras à Modelagem de Informações de Construção (BIM) implementação na construção pré-fabricada da China: uma modelagem estrutural interpretativa (ISM) abordagem”, Journal of Cleaner Production, Vol. 949-959, doi: [10.1016/j.jclepro.2019.02.141](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.141).

Tang, S., Shelden, DR, Eastman, CM, Pishdad-Bozorgi, P. e Gao, X. (2019), “Uma revisão da construção integração de dispositivos de modelagem de informações (BIM) e internet das coisas (IoT): situação atual e tendências futuras”, Automação na Construção, Vol. 101, pp. 127-139, doi: [10.1016/j.autcon.2019.01.020](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.020).

Turner, A. (2015), “Geração Z: tecnologia e interesse social”, The Journal of Individual Psychology, Vol. 71 N° 2, pp. 103-113, doi: [10.1353/jip.2015.0021](https://doi.org/10.1353/jip.2015.0021).

Veras, PR, Suresh, S. e Renukappa, S. (2018), A Adoção de Conceitos de Big Data para Sustentabilidade Implementação de Práticas na Indústria da Construção, 2018 IEEE/ACM International

Conferência sobre Utility and Cloud Computing Companion (UCC Companion), 17 a 20 de dezembro de 2018, 349-352, doi: [10.1109/UCC-Companion.2018.00079](https://doi.org/10.1109/UCC-Companion.2018.00079).

Waters, L. e McAlpine, R. (2016), Construção como carreira preferida para jovens, Chartered Institute of Building, Londres, disponível em: <https://www.ciob.org/sites/default/files/View%20Liz%27s%20full%20report%20here.pdf> (acessado em: 23 de abril de 2020).

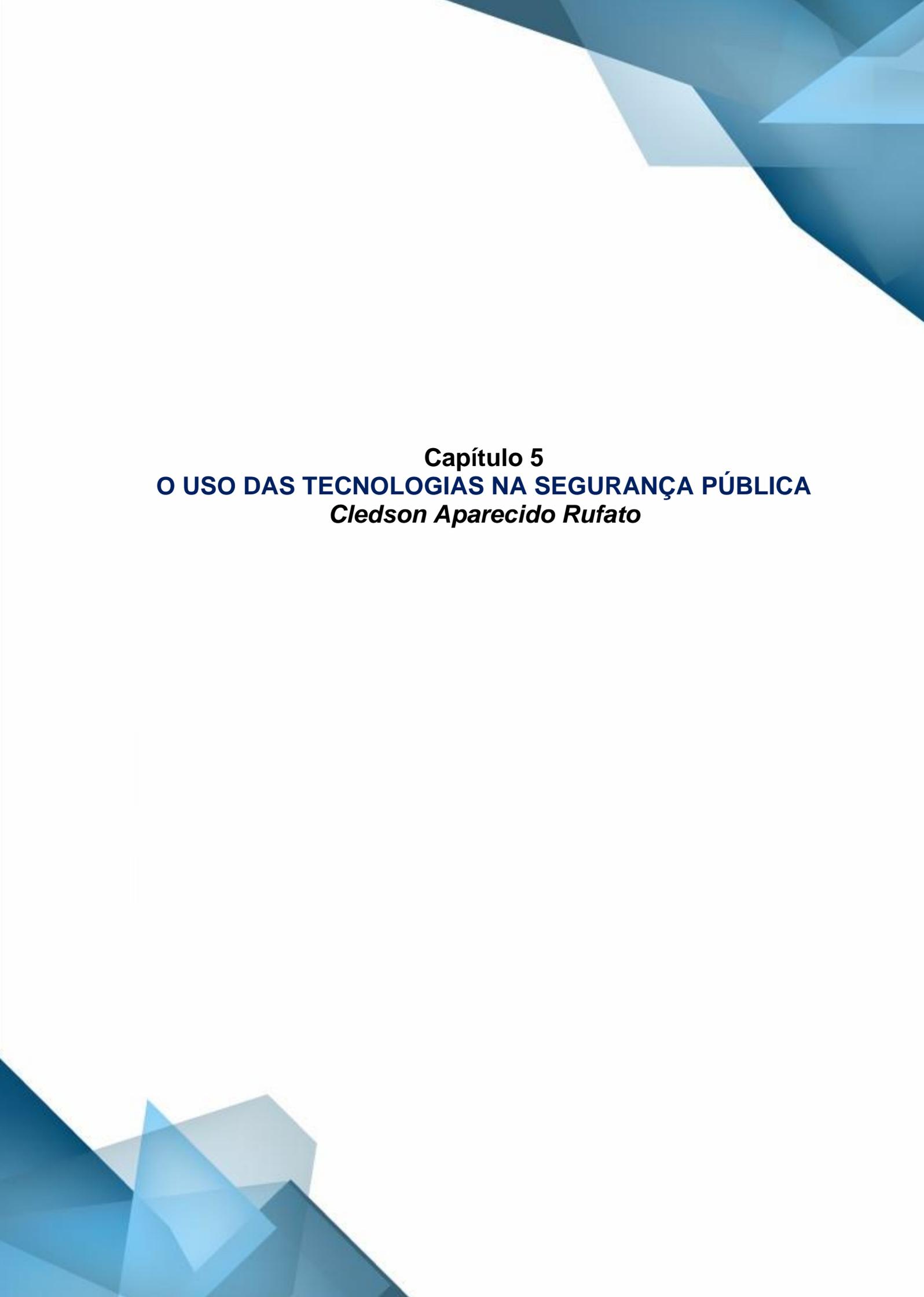
Wing, CK (1997), “O ranking de periódicos de gerenciamento de construção”, Construction Management e Economia, vol. 387-398, doi: [10.1080/014461997372953](https://doi.org/10.1080/014461997372953).

Woodhead, R., Stephenson, P. e Morrey, D. (2018), “Construção digital: de soluções pontuais a Ecosistema IoT”, Automation in Construction, Vol. 93, pp. 35-46, doi: [10.1016/j.autcon.2018.05.004](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.004).

Xu, G., Li, M., Chen, C.-H. e Wei, Y. (2018), “Plataforma IoT integrada habilitada para ativos em nuvem para construção pré-fabricada”, *Automation in Construction*, Vol. 93, pp.

Yi, W. e Chan, AP (2014), “Revisão crítica da pesquisa sobre produtividade do trabalho em periódicos de construção”, *Revista de Gestão em Engenharia*, Vol. 30 Nº 2, pp.

Zhong, RY, Xu, X., Klotz, E. e Newman, ST (2017), “Fabricação inteligente no contexto de indústria 4.0: uma revisão”, *Engenharia*, Vol. 3 Nº 5, pp. 616-630, doi:[10.1016/J.ENG.2017.05.015](https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015).



Capítulo 5
O USO DAS TECNOLOGIAS NA SEGURANÇA PÚBLICA
Cledson Aparecido Rufato

O USO DAS TECNOLOGIAS NA SEGURANÇA PÚBLICA

Cledson Aparecido Rufato

Graduado em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá.

Especialista em Inteligência Policial e Gestão em Segurança Pública.

RESUMO

Uma das principais preocupações dos governos em todo mundo é a segurança pública, principalmente a diminuição da criminalidade e da violência. Esse desafio emergente impulsiona as forças de segurança a buscar estratégias e instrumentos que melhorem a eficácia de seus serviços, a fim de proteger a sociedade. Neste estudo, de natureza bibliográfica, objetivamos compreender como as tecnologias podem ajudar a segurança pública face às suas peculiaridades. Concluímos que o uso de diferentes tecnologias na segurança, aumentam o potencial de enfrentamento dos agentes de segurança pública, para combater os desafios oriundos da violência e da criminalidade.

Palavras-chave: Segurança Pública. Tecnologia. Desafios.

ABSTRACT

One of the main concerns of governments around the world is public security, especially the reduction of crime and violence. This emerging challenge drives security forces to seek strategies and instruments that improve the effectiveness of their services, in order to protect society. In this study, of a bibliographic nature, we aim to understand how technologies can help public security given their peculiarities. We conclude that the use of different technologies in security increases the potential of public security agents to combat the challenges arising from violence and crime.

Keywords: Public security. Technology. Challenges.

INTRODUÇÃO

A contemporaneidade é marcada pela introdução de novas tecnologias em todos os setores da vida: educação, saúde, segurança, lazer, indústria, comunicação, transporte etc. Não podemos ignorar o fato de que as tecnologias facilitam a vida das

peças, melhora a qualidade de vida, proporciona rápido e fácil acesso ao conhecimento, simplificação da troca de informações e a quebra de várias barreiras da comunicação, além de colaborar com a inclusão social.

Neste estudo, nosso objetivo é compreender como as tecnologias podem ajudar a segurança pública face às suas peculiaridades. Partimos de um breve histórico do uso das tecnologias na Segurança, para em seguida apresentarmos as principais tecnologias de informação e comunicação (TICs) que estão sendo usadas na segurança pública atualmente e quais os benefícios que elas proporcionam

A história das tecnologias na Segurança Pública

Lohn (2012) explica que os primeiros órgãos de Segurança pública eram parecidos com exércitos, agiam com um alto grau de letalidade. Na Idade Média, as principais tecnologias eram bélicas, repressivas e agressivas, com o objetivo de controle social através do medo. Espadas, bestas, armaduras e escudos eram as armas e os meios de transporte eram as montarias e as carroças.

Posteriormente, os povos egípcios começaram a utilizar descrições das características físicas de pessoas para a identificação, era o retrato falado. Os babilônios, por sua vez, já usavam as impressões digitais na argila, para identificação dos autores de escritos e evitar a falsificação. Praticava-se também a chamada ordália ou o combate, que envolviam o acusado a uma prova dolorosa e até fatal, na qual se o acusado sobrevivesse, seria considerado inocente. Esse procedimento partiu da ideia de que se a pessoa fosse inocente, aconteceria um milagre que a livraria do mal. Com o tempo, a ordália foi substituída pela Igreja Católica pela compurgação, na qual pessoas testemunhavam sobre o caráter do acusado (Lohn, 2012).

A industrialização, a partir do século XVIII, trouxe avanços tecnológicos para a segurança pública, em relação a “mobilidade, comunicação, computação, equipamentos e táticas, armamentos, vigilância, identificação civil e investigação criminal” (Lohn, 2012, p.21). A modernidade trouxe novas tecnologias como a fotografia, o uso de aeronaves, comunicação criptografada, o Código Morse, o Rádio, entre outras.

Nos dias de hoje nos deparamos com computadores, celulares, TVs, webcams, câmeras de vídeo, etc. Além dessas ferramentas, também podemos considerar o Bluetooth, o Wi-fi, o e-mail, e os serviços de streaming. Essas tecnologias permitem

a análise de dados em larga escala, ajudando na identificação de padrões criminais. Com a inteligência artificial, as forças policiais podem prever atividades suspeitas e alocar recursos de forma preventiva, impedindo crimes antes mesmo de ocorrerem

A legislação também contribuiu para melhorar a modernização da segurança pública com o uso de tecnologias, pois em 2018 foi instituída a política Nacional de Segurança Pública e Defesa Social (PNSPDS), Lei nº 13.675, que prevê a modernização das forças de segurança, e apresenta como diretriz e objetivos respectivamente:

VII – fortalecimento das instituições de segurança pública por meio de investimentos e do desenvolvimento de projetos estruturantes e de inovação tecnológica.

III- incentivar medidas para modernização de equipamentos, da investigação e da perícia e para a padronização de tecnologia dos órgãos e das instituições de segurança pública (Brasil, 2018).

Ao instituir um dispositivo legal afirma-se a ideia de aprimoramento da eficiência e qualidade da segurança pública. Soma-se a isso, temos a instituição do Sistema Único de Segurança Pública (SUSP), que aclara sobre a necessidade de haver orientação e acompanhamento dos órgãos integrados do sistema e a promoção de ações de incentivo aos programas de aparelhamento e modernização dos órgãos de segurança pública e defesa social do país (BRASIL, 2018).

Essa política pública de segurança é uma iniciativa que está em consonância com o avanço tecnológico que ocorre em escala global, e busca soluções para melhorar o atendimento à população, a fim de diminuir os índices de criminalidade. Nessa direção, destacamos as principais tecnologias utilizadas na contemporaneidade que podem ser usadas na segurança pública, tais como: Tecnologias da informação e da comunicação (TICs), segurança nos sistemas e nas rotinas de serviços, plataformas de suporte à segurança, redes e sistemas, equipamentos e sistemas de segurança em áreas públicas e privadas, sistemas de controle e monitoramento eletrônico, tecnologias em armamentos.

As principais TICs usadas na segurança pública

O século XXI é marcado pelo surgimento crescente das tecnologias, GPS, notebooks, smartphones, internet, entre outras, e conhece-las amplia a capacidade de geração de segurança pública, interfere nas estratégias, na prevenção e na

potencialização dos profissionais de segurança. Schiller (2019) afirma que utilizar a Inteligência Artificial, monitoramento, comunicação eficiente e análise de dados são estratégias eficientes que podem auxiliar as forças de segurança, prevenindo crimes e antecipando possíveis riscos.

Tecnologias da informação e comunicação é uma expressão que se refere ao papel da comunicação na moderna tecnologia da informação. Entende-se que TICs são todos os meios técnicos usados para tratar a informação e auxiliar na comunicação, o que inclui o hardware de computadores, rede e telemóveis.

Em relação a segurança pública, as inovações tecnológicas podem ser instrumentos imprescindíveis no combate ao crime tornando o trabalho mais integrado e eficiente. Dentre as tecnologias mais recentes destacamos as **câmeras** que podem ser usadas nas fardas dos policiais, para melhor gerenciar a atuação policial e reduzir abusos de poder.

Essa prática teve início nos Estados Unidos por volta do ano 2013, mediante o aumento de mortes praticada por policiais no país, principalmente em pessoas negras, cujos casos tiveram destaque na mídia devido a atuação brutal de policiais. De acordo com Adorno e Dias (2014) o uso das câmeras nas fardas policiais podem funcionar de duas formas simultâneas, ora como proteção ao próprio policial que muitas vezes sofre com acusações falsas, ora como uma forma de gerir o uso ilegítimo da força por parte dos policiais. As câmeras de vigilância instaladas na cidade também são instrumentos que auxiliam a segurança pública, atuando desde o monitoramento, busca e investigação.

Destaca-se também a Aeronave remotamente pilotada, a qual chamamos popularmente de **drones**. Funcionam como se fossem robôs voadores, e podem fazer parte da polícia como uma tecnologia inovadora, fornecendo informações em tempo real, capturando vídeos e imagens de crimes e situações perigosas. Além do monitoramento aéreo com visão detalhada das áreas investigadas, os drones podem entregar suprimentos em locais de difícil acesso e dar assistência em operações que necessitem de busca e salvamento (Costa; Lima, 2014).

Os óculos de **Realidade Aumentada (RA)** é outro recurso tecnológico dotado de software de reconhecimento facial que pode auxiliar os policiais a identificar criminosos, pois são capazes de fornecer detalhes sobre as pessoas que são abordadas, como seus respectivos nomes, se já possuem mandados e crimes

passados. Esses óculos possuem uma funcionalidade de gravação, com capacidade de registrar a ação policial em vídeo, armazenando os dados.

Kant de Lima (2014) destaca que em alguns países já se utilizam smartphones para a tecnologia de vigilância por reconhecimento facial, como a China que faz esse monitoramento com reconhecimento facial para identificar criminosos, principalmente os reincidentes. Nos Estados Unidos essa tecnologia está sendo usada em aeroportos, a fim identificar criminosos que tentam entrar no país de forma ilegal. No Brasil, tivemos algumas experiências esporádicas no Rio de Janeiro e em Salvador durante o carnaval de 2019.

Os **softwares e os sistemas informatizados** utilizados na segurança pública também são elementos que potencializam e facilitam o trabalho. Aplicativos de denúncia e alerta, plataformas on-line flexibilizam a troca de informações, permitem aos cidadãos fornecer informações sobre crimes, suspeitas de forma anônima, estabelecendo uma comunicação entre a polícia e a comunidade.

A polícia do Paraná desenvolveu um sistema de acompanhamento operacional das equipes policiais, chamado de **Sistemas de Atendimento e Despacho de Emergências (SADE)**, que funciona para registrar os atendimentos de emergência realizados pelos policiais. O Manual do usuário do SADE traz algumas explicações sobre o sistema:

Sistema de Atendimento e Despacho de Emergências (SADE), em que será possível a realização do Boletim no local da ocorrência, bem como a confecção de TCIP (Termo Circunstanciado de Infração Penal), além de um maior controle operacional, com informações instantâneas sobre a localização das viaturas e dos militares estaduais, tempo de deslocamento para as ocorrências, tempo que as viaturas ficam empregadas no atendimento, no repasse a outros órgãos, entre outros indicadores que permitam uma avaliação precisa da eficácia da Corporação”. (Paraná, 2022).

Dos Santos (2023) explica que esse sistema possui um aparelho mobile, com formulários de atendimento de ocorrências, notificações de trânsito, preenchimento de boletins de ocorrência, busca e acesso de dados e informações de pessoas e veículos, confecção de boletim de acidente de trânsito, e muitas outras atividades. O sistema facilita “o serviço para o policial de rua (atividade-fim), agilizando o atendimento de quem aciona a Polícia Militar, diminuindo custos e otimizando processos operacionais e administrativos. (Dos Santos, 2023).

Ademais, evidenciamos o uso das **mídias sociais** na segurança pública, à medida que o contexto digital faz parte da realidade do cotidiano das pessoas e da sociedade. Nascimento (2014) evidencia que as redes sociais transformam-se em redes de informação potencializadas pela internet, e que facilitam a troca de informações em escala global. Para a segurança pública, essa modalidade de comunicação moderna pode estimular as pessoas a fazerem denúncias e para encorajar a melhorias nas políticas estatais, divulgar as ações da polícia, os índices alcançados, os projetos, operações e campanhas desenvolvidas, fazer orientações para a população de forma a prevenir crimes. O autor esclarece que “O acesso às informações de utilidade pública é de suma importância, mas deve ser associado à criação de espaços de interlocução e à prática da transparência pública” (Nascimento, 2014, p.13).

A segurança pública pode contar também com um aplicativo chamado *Family Faces*, que é um app que utiliza a inteligência artificial para ajudar na busca de pessoas desaparecidas. Esse aplicativo foi desenvolvido pelo projeto Mães da Sé, que cedeu os desenvolvedores do sistema de banco de dados com fotos de 10 mil pessoas desaparecidas. Além disso o aplicativo realiza o reconhecimento fácil mesmo que se tenham passado vários anos e as pessoas tenham envelhecido. É um aplicativo que pode ser usado pelos agentes de segurança pública e pela população em geral.

A tecnologia *ShotSpotter* desenvolvida nos Estados Unidos é um sistema que conseguiu reduzir os índices de criminalidade em diversas cidades. O sistema possui sensores de áudio instalado em áreas urbanas de forma camuflada, capaz de captar som de disparos de arma de fogo, dessa forma a polícia recebe um alerta e pode agir rapidamente, além de possuir sensores capazes de identificar o calibre das armas. Algumas cidades brasileiras implantaram o Shotspotter, mas com o tempo desativaram o sistema alegando dificuldades financeiras.

Apesar dos diversos benefícios das tecnologias para a segurança pública ainda existe resistência em relação ao uso desses recursos no âmbito da segurança pública. Entre os principais motivos podemos destacar o baixo investimento do Brasil em armazenamento de dados, e para que os sistemas tecnológicos funcionem de forma eficaz é preciso um banco de dados bem alimentado. Além disso, outro motivo que impede a implantação das novas tecnologias é a burocracia enfrentada pelo setor

público, que enfrenta muita burocracia no processo de compra de novas tecnologias, além da burocracia no conserto e manutenção dos equipamentos.

Além dos motivos elencados, a instalação de novas tecnologias na segurança pública exige que as equipes estejam treinadas, e muitas vezes os agentes não possuem conhecimento e técnica para usar os equipamentos. Dessa forma, faz-se necessário cursos e treinamento que dependem de recursos financeiros que as vezes demoram para chegar.

Conclusão

Antigamente, a segurança pública contava com poucos recursos para investigar e solucionar os crimes. Com a tecnologia as soluções dos casos são cada vez mais rápidas e bem-sucedidas. Softwares e os sistemas informatizados, drones, smartphones, Sistemas de Atendimento e Despacho de Emergências, mídias sociais, entre outros permitem muitos benefícios para as forças policiais, pois facilita a disseminação de informações.

As tecnologias favorecem a coleta de informações em mídias sociais, em sites de referência, por meio de diversos aplicativos. Além disso, permite a prevenção de ações suspeitas por meio de análise de dados, inteligência artificial e sistemas de monitoramento em tempo real.

Ferramentas tecnológicas avançadas permitem que os agentes de segurança pública otimizem o tempo das ações, investigações, de modo a garantir respostas mais ágeis em diversas situações.

Em suma, em uma sociedade em que a criminalidade aumenta consideravelmente, a tecnologia é uma arma poderosa e eficiente. Mas, é preciso investimento, treinamento e condições adequadas para que os recursos tecnológicos realmente se concretizem na segurança pública, garantindo mais segurança para a população.

Referências

ADORNO, Sérgio; DIAS, Camila. **Monopólio Estatal da Violência**. In: LIMA, R. S.; RATTON, J. L.; AZEVEDO, R. G. (Orgs.). Crime, Polícia e Justiça no Brasil. São Paulo: Contexto, 2014. p. 187-197.

BRASIL. Lei nº 13.675, de 11 de junho de 2018. **Cria a Política Nacional de Segurança Pública e Defesa Social; institui o Sistema Único de Segurança Pública (SUSP)**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2018.

COSTA, Arthur Trindade Maranhão; LIMA, Renato Sérgio de. **Segurança Pública**. In: LIMA, R. S.; RATTON, J. L.; AZEVEDO, R. G. (Orgs.). Crime, Polícia e Justiça no Brasil. São Paulo: Contexto, 2014. p. 482-490.

DOS SANTOS, Thiago Federovicz Mendes. A implantação do sistema de atendimento e despacho de emergências via mobile no 10º batalhão da Polícia Militar do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 9, ed. 3, p. 11214-11241, março 2023. DOI 10.34117/bjdv9n3-153. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/download/58189/> Acesso em: 5 julho. 2024.

KANT DE LIMA, Roberto. **Éticas e Práticas na Segurança Pública e na Justiça Criminal**. In: LIMA, R. S.; RATTON, J. L.; AZEVEDO, R. G. (Orgs.). Crime, Polícia e Justiça no Brasil. São Paulo: Contexto, 2014. p. 471-481.

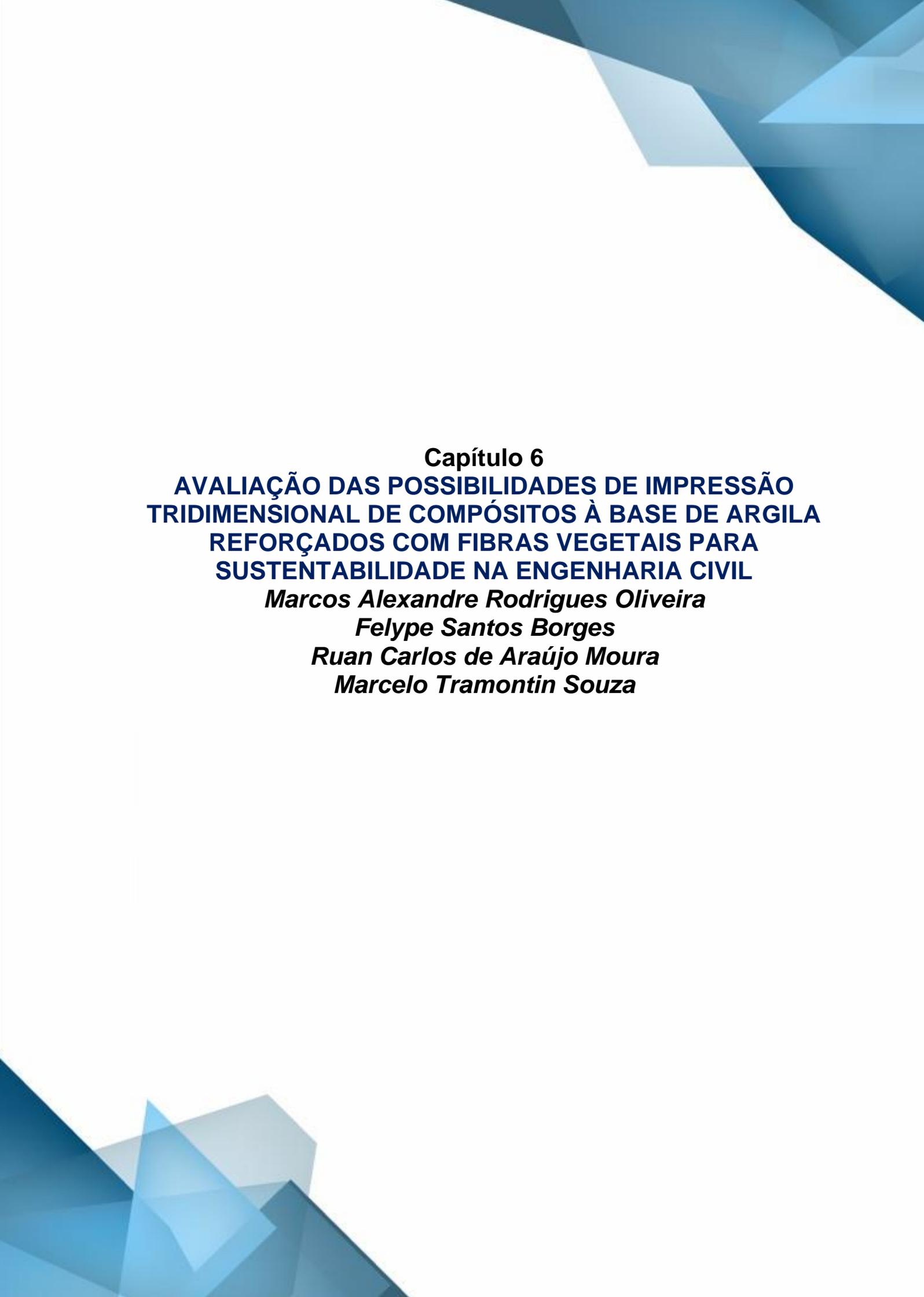
LOHN, Müller Lohn. **Tecnologias Aplicadas à Segurança Pública**. Palhoça : UnisulVirtual, 2012.

MIRANDA, João Vitor Arnas de; LIMA, Luis Henrique de. O uso de tecnologias como forma de melhorar a eficiência na segurança pública – um quadro comparativo na pmpr pré e pós implementação do sistema de atendimento e despacho de emergências (sade). **Revista FT**. Ciências Sociais, Volume 27 - Edição 127/OUT 2023 / 11/10/2023. Disponível em: <https://revistافت.com.br/o-uso-de-tecnologias-como-forma-de-melhorar-a-eficiencia-na-seguranca-publica-um-quadro-comparativo-na-pmpr-pre-e-pos-implementacao-do-sistema-de-atendimento-e-despacho-de-emergencias-sade/>

MUNIZ, Jacqueline; JÚNIOR, Domício Proença. Mandato Policial. In: LIMA, R. S.; RATTON, J. L.; AZEVEDO, R. G. (Orgs.). **Crime, Polícia e Justiça no Brasil**. São Paulo: Contexto, 2014. p. 491-501

NASCIMENTO, L. L. do. Setor público nas redes sociais digitais: um estudo com comunicadores. In: NOVELLI, A. L. (Org.). **Teorias e métodos de pesquisa em Comunicação Organizacional e Relações Públicas: entre a tradição e a inovação**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2013. p. 949-968. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104978/1/Setor-publico-n-as-redes-sociais-digitais-um-estudo-com-comunicadores.pdf> . Acesso em 30 jun. 2024.

PARANÁ. Polícia Militar do Paraná. **MANUAL DO USUÁRIO SADE WEB**. Curitiba, 2022. Disponível em: https://suporte.harpya.pm.pr.gov.br/manuais/manual_harpya_web.pdf. Acesso em: 5 out. 2023.



Capítulo 6
AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE IMPRESSÃO
TRIDIMENSIONAL DE COMPÓSITOS À BASE DE ARGILA
REFORÇADOS COM FIBRAS VEGETAIS PARA
SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL

Marcos Alexandre Rodrigues Oliveira

Felype Santos Borges

Ruan Carlos de Araújo Moura

Marcelo Tramontin Souza

**AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE IMPRESSÃO
TRIDIMENSIONAL DE COMPÓSITOS À BASE DE ARGILA
REFORÇADOS COM FIBRAS VEGETAIS PARA
SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL**

Marcos Alexandre Rodrigues Oliveira

*Mestrando em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais pela UESC.
Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela PUC Minas e MBA em
Gestão de Projetos pela USP. Graduado em Engenharia Civil pela FMT. Atua como
Professor de Ensino Superior, lecionando tanto na Pós-Graduação quanto na
Graduação. E-mail: maroliveira.procimm@uesc.br*

Felype Santos Borges

*Mestrando em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais pela UESC. Possui
graduação em Engenharia Civil pela UESC. Tem experiência na área de Engenharia
Civil, com ênfase em Ciência dos Materiais. E-mail: fsborges.egc@uesc.br*

Ruan Carlos de Araújo Moura

*Doutor em Engenharia Civil pela UFBA, Mestre em Ciência, Inovação e Modelagem
em Materiais pela UESC, graduado em Engenharia de Produção pela UESC e
técnico em Edificações pelo IFBA. Coordenador do Laboratório de Materiais de
Construção Civil (LMCC/UESC) e revisor de periódicos. Atua no desenvolvimento de
materiais para Engenharia Civil, com ênfase em concretos e compósitos poliméricos,
reutilização de resíduos industriais e análise de durabilidade. Autor de artigos
científicos em congressos e revistas especializadas. E-mail: rcamoura@uesc.br*

Marcelo Tramontin Souza

*Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSC. Mestrado em Ciência e
Engenharia de Materiais pela UFSC e graduado em Engenharia Cerâmica pela
UNIBAVE. Atuou em pesquisa na Universidade de Aveiro e realizou pós-*

doutoramento na UFSC e na UNESC. Atualmente é Professor Visitante Adjunto na UESC, atuando em pesquisa sobre materiais industriais e biomateriais. E-mail: mtsouza@uesc.br

RESUMO

A aplicação da manufatura aditiva na construção civil, por meio da tecnologia de impressão 3D, apresenta um potencial disruptivo que pode transformar significativamente a indústria, destacando-se pela eficiência econômica, velocidade de construção e considerações sustentáveis. Atualmente, a construção civil no Brasil ainda emprega métodos tradicionais, resultando em desperdícios e impactando negativamente a eficácia operacional e a segurança. A adoção da impressão 3D surge como uma perspectiva promissora para a construção de habitações acessíveis, proporcionando prazos reduzidos e minimizando a perda de materiais, com ênfase no uso de recursos locais. Notavelmente, a incorporação de argila reforçada com fibras vegetais no processo de impressão 3D emerge como uma solução sustentável. Este estudo visa avaliar a viabilidade dessa técnica específica na construção civil, identificando estratégias relevantes para seu desenvolvimento contínuo.

Palavras-chave: manufatura aditiva; argila; fibras naturais; impressão 3D.

ABSTRACT

The application of additive manufacturing in civil construction, through 3D printing technology, presents a disruptive potential that could significantly transform the industry, standing out for its economic efficiency, construction speed, and sustainable considerations. Currently, civil construction in Brazil still employs traditional methods, resulting in waste and negatively impacting operational effectiveness and safety. The adoption of 3D printing emerges as a promising prospect for the construction of affordable housing, providing shortened timelines and minimizing material loss, with an emphasis on the use of local resources. notably, the incorporation of clay reinforced with plant fibers in the 3D printing process emerges as a sustainable solution. This study aims to assess the viability of this specific technique in civil construction, identifying relevant strategies for its ongoing development.

Keywords: additive manufacturing; clay; natural fibers; 3D printing.

INTRODUÇÃO

Segundo Patterson e Messimer (2015), nos anos 1980, surgiu uma tecnologia inovadora de produção conhecida como prototipagem rápida. O engenheiro e

cofundador da 3D Systems, Charles Hull, obteve a primeira patente para dispositivos de estereolitografia (capazes de reproduzir a tecnologia de prototipagem rápida) em 1986. A 3D Systems introduziu a primeira máquina comercial de estereolitografia 3D, capaz de imprimir camadas sucessivas, no mercado em 1992. Esse método, agora referido como manufatura aditiva (MA) ou comumente conhecido como impressão 3D, envolve a criação do produto final pela adição progressiva de camadas de material.

Atualmente, o mundo enfrenta um desafio significativo em relação ao crescente déficit habitacional, com aproximadamente 850 milhões de pessoas residindo em assentamentos informais. Esse número supera as populações dos Estados Unidos e da União Europeia combinadas. Regiões particularmente impactadas, como Hanói, Mumbai, Bogotá, Buenos Aires e Rio de Janeiro, apresentam custos habitacionais que excedem de 200 a 300% da renda média. Em Caracas, o custo habitacional médio excede a renda da população em mais de 3.000%, conforme destacado por Florida e Schneider (2018). No Brasil, Estarque (2018) estima um déficit habitacional de 7,7 milhões de unidades, e, apesar dos incentivos governamentais para a aquisição de habitação pela população de baixa renda, esses se mostram insuficientes diante do crescente déficit habitacional.

No contexto brasileiro, iniciativas governamentais como o programa "Minha Casa, Minha Vida" (PMCMV) foram implementadas para enfrentar o déficit habitacional. O presidente Luís Inácio Lula da Silva promulgou o programa por meio da Medida Provisória nº 459 em 25 de março de 2009, conforme indicado por Camargos (2011). Entre 2020 e 2023, o programa foi renomeado para "Casa Verde e Amarela", conforme relatado pelo G1 em 2023.

Nesse cenário desafiador, a impressão 3D emerge como uma alternativa promissora para a construção de habitações mais acessíveis, com prazos de construção mais curtos e o potencial de utilizar matérias-primas locais, minimizando o desperdício de materiais. Estudos sobre impressão 3D na indústria da construção indicam uma potencial economia de custos em torno de 25%, conforme destacado por Näther et al. (2016), e Dantas (2020) estima uma economia de 30%.

Simultaneamente a esse movimento tecnológico, observa-se um movimento arquitetônico histórico conhecido como arquitetura vernacular, caracterizado pelo uso de materiais e recursos locais e pela adoção de tecnologias tradicionais na construção. Essa abordagem torna a construção mais viável economicamente e

ecologicamente, ao utilizar materiais disponíveis localmente, reduzindo custos de transporte, emissões de gases e desperdício de matéria-prima (Ghisleni, 2015).

Diante dessas considerações, este estudo propõe a integração da tecnologia de impressão 3D com técnicas tradicionais de arquitetura vernacular, como taipa de pilão e adobe, para a produção de casas ecológicas utilizando matérias-primas naturais locais.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão abrangente da literatura utilizando fontes científicas, incluindo periódicos disponíveis em bases de dados como Science Direct, Scopus e Scielo, juntamente com livros, normas e periódicos internacionais disponíveis online. O objetivo dessa pesquisa foi reunir informações pertinentes sobre a aplicação sustentável da impressão 3D utilizando argila com fibras vegetais e sua utilização na construção civil. As fontes selecionadas foram avaliadas quanto à sua relevância e confiabilidade, e os resultados obtidos foram analisados e sintetizados de forma coerente com os tópicos propostos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Manufatura Aditiva

Inicialmente, a tecnologia agora conhecida como manufatura aditiva era denominada prototipagem rápida (RP), utilizada pelas indústrias para criar rapidamente protótipos de produtos sem preocupação com acabamento ou funcionalidade. Com o avanço e refinamento da tecnologia, o termo "prototipagem rápida" tornou-se inadequado para englobar todas as categorias da manufatura aditiva. Embora RP ainda seja empregada, a manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, expandiu-se significativamente, resultando em produtos mais refinados e com melhor acabamento (Gibson et al., 2015).

O processo de manufatura aditiva envolve a adição sucessiva de camadas de material para formar uma peça. Cada camada representa uma seção transversal pré-desenhada em um desenho assistido por computador (CAD) (Volpato, 2018). Focando na produção de peças com extrusão de pasta cerâmica, a técnica de modelagem por extrusão dirigida, conhecida como Robocasting/Direct ink writing, utiliza extrusão

mecânica contínua para criar uma estrutura monolítica. A extrusão é realizada através de um orifício, onde o material semi-sólido/pastoso é forçado, mantendo sua forma após a secagem e garantindo a ligação entre as camadas consecutivas para formar uma estrutura sólida (Gibson, 2015).

Matérias-Primas

Ao lidar com solos, é crucial entender a textura do solo, ou seja, as proporções de diferentes tamanhos de partículas. A argila, um material inorgânico de grão fino, é caracterizada por sua plasticidade na presença de água. Com uma área de superfície específica significativa, a argila pode adsorver uma grande quantidade de água, tornando-se plástica e moldável com a proporção adequada de água e argila (Junior et al., 2008). Composta principalmente de silicatos de alumínio, óxido de ferro e metais alcalinos, as argilas exibem propriedades específicas relacionadas à sua estrutura laminar, conferindo-lhes plasticidade quando lubrificadas por água ou outros líquidos polares (Reis et al., 2014; Claro, 2012).

A classificação comercial das argilas, como Fire-clay, Ball-clay, caulim, terracota e taguá, leva em consideração suas propriedades específicas e aplicações (Branco, 2014; Luz, 2008). No contexto da impressão 3D, estudos como os de Ferreti et al. (2022) exploram o uso de cascas de arroz trituradas para melhorar as propriedades mecânicas da impressão ao longo do tempo. Outras fibras naturais, principalmente de origem vegetal, são amplamente utilizadas como reforço estrutural em compósitos e na impressão 3D, proporcionando vantagens sustentáveis devido à sua biodegradabilidade (Thomas, 2009; Francisco, 2013). Mazantti (2019) demonstrou a viabilidade do uso de várias fibras naturais, como bambu, farinha de madeira e casca de cacau, como enchimentos em filamentos poliméricos para impressoras 3D FDM (Modelagem por Deposição Fundida).

Técnicas de Construção com Terra

A construção com terra, definida como qualquer edifício que utiliza solo como matéria-prima sem alteração mineralógica, compreende dezoito técnicas categorizadas em três classes (A, B e C) pelo Centro Internacional de Construção com Terra (Lisbôa, 2020). Técnicas monolíticas (Classe A), blocos pré-fabricados (Classe

B) e uso secundário de terra (Classe C) oferecem diferentes abordagens para a construção com terra. Este estudo adota uma técnica inovadora que combina elementos das técnicas "Terra Moldada" e "Terra Extrudada", semelhante ao adobe, mas automatizada através de máquinas para camadas de terra, incorporando assim o conceito de manufatura aditiva com solo (Lisbôa, 2020).

Adobe e Cob

A técnica ancestral do adobe envolve terra crua, agregados como fibras vegetais, esterco, entre outros, e água. Os tijolos de adobe são moldados manualmente, mecanicamente ou de forma semi-automática, secando ao sol, tornando a técnica sustentável ao eliminar a necessidade de cimento e queima de tijolos. A composição do adobe pode variar por região, e a escolha de um solo adequado é essencial para evitar riscos estruturais (Guillaud, 2003; Rotondaro, 2011). A técnica cob, semelhante ao adobe, utiliza argila, areia, fibras e água para criar uma massa moldável aplicada manualmente em camadas. Ambas as técnicas mostram potencial para impressão 3D e estão sendo exploradas em projetos como o "Adobe Digital" pelo Instituto de Arquitetura Avançada da Catalunha (IAAC), que testa paredes de adobe pré-fabricadas em condições ambientais reais para avaliação de propriedades e desempenho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão de literatura sobre a impressão tridimensional (3D) de argila fortificada com fibras vegetais, visando sua aplicação sustentável na indústria da construção, revela um potencial notável para integrar essa técnica ao setor de construção. A análise realizada identificou tanto as limitações quanto as projeções futuras dessa tecnologia, fornecendo insights valiosos para sua contínua melhoria. O método de Robocasting destaca-se como o mais prevalente no desenvolvimento de impressões de pastas cerâmicas em sistemas de construção, permitindo a construção eficiente de edifícios extensos e estruturas complexas. O uso da impressão 3D de argila associada a fibras vegetais surge como uma alternativa promissora, capaz de proporcionar construções mais acessíveis, com prazos de execução reduzidos, uso de recursos locais e minimização de desperdícios, atendendo à crescente demanda

por construções personalizáveis no mercado. Portanto, a manufatura aditiva surge como uma ferramenta impulsionadora para otimizar a sustentabilidade e a eficiência na indústria da construção. A revisão sistemática da literatura apresentada neste artigo serve como um guia valioso para orientar o desenvolvimento de novos materiais e técnicas na impressão 3D de argila fortificada com fibras vegetais, visando aplicações sustentáveis no contexto da indústria da construção.

REFERÊNCIAS

Leal, A. E. D.; Endo, M. A; Endo, M. R.; Ferreira R.; Arruda, A. **A Arquitetura Vernacular das 5 Regiões Brasileiras**, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, pp. 1–19.

Reis A. S.; Della-Sagrillo, V. P; Oliveira, J. N.; Valenzuela-Diaz, F. R., **“CARACTERIZAÇÃO DE ARGILA USADA EM MASSA DE CERÂMICA VERMELHA.** 2014.

Branco, P. M. **Minerais Argilosos.**
<http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Canal-Escola/Minerais-Argilosos-1255.html>, 2014. Acesso em: 05 mai. 2024.

Brito, G. F., Agrawal, P., Araújo, E. M., & Mélo, T. J. A. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**, no. 2, pp. 127–139, 2011.
www.braskem.com.br. Acesso em: 05 mai. 2024.

Claro, R., Margarita, M.; Moreno T. **“ARGILAS: Composição Mineralógica, Distribuição Granulométrica e Consistência de Pastas,”** 2012.

Camargos, J. Costa; Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento (Rio de Janeiro). **O desenvolvimento econômico brasileiro e a Caixa: trabalhos premiados.** Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento, 2011.

Dantas, A. F. O. de A. **Projeto no RN constrói 1a casa do Brasil com impressora 3D. 2020.** Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/projeto-no-rn-constroi-1a-casa-do-brasil-com- impressora-3d/>. Acesso em: 06 maio 2024.

Dubor, A. et al. **Digital Adobe.** 2018. Disponível em: <https://iaac.net/project/digital-adobe/>. Acesso em: 20 maio 2024.

Estarque, M. **Déficit habitacional e população de ruacrescentes desafiam gestão Bolsonaro.** Folha de S.Paulo, 18 nov. 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2018/11/deficit-habitacional-e-populacao-de-rua-crescentes-desafiam-nova-gestao.shtml>. Acesso em: 08 mai. 2024.

Ferretti, E., Moretti, M., Chiusoli, A., Naldoni, L., de Fabritiis, F., & Visonà, M. **Rice-Husk Shredding as a Means of Increasing the Long-Term Mechanical Properties of Earthen Mixtures for 3D Printing.** *Materials*, vol. 15, no. 3, Feb. 2022, doi: 10.3390/ma15030743.

Florida, R.; Schneider, B. **The Global Housing Crisis.** Bloomberg, 11 abr. 2018. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-04-11/the-housing-crisis-extends-far-beyond-superstar-cities>. Acesso em: 08 mai. 2024.

Francisco, B.; Castro, M. **Estudo e Caracterização Mecânica de Compósitos Reforçados com Fibras Naturais,** Porto, 2013.

G1. **Minha Casa Minha Vida e Casa Verde e Amarela: entenda as diferenças entre os programas.** G1, 10 dez.2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/12/10/minha-casa-minha-vida-e-casa-verde-e-amarela-entenda-as-diferencas-entre-os-programas.ghtml>. Acesso em: 12 mai. 2024.

Ghisleni, C. **O que é arquitetura vernacular?** 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/951326/o-que-e-arquitetura-vernacular>. Acesso em: 016 maio 2024.

Gibson, I.; Rosen, D.; Stucker, B. **Additive Manufacturing Technologies 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. 2.** ed. Nova York: Springer, 2015. doi: 10.1007/978-1-4939-2113-3.

Gomaa, M.; Jabi, W.; Veliz A. R.; Soebarto, V. **3D printing system for earth-based construction: Case study of cob.** *Automation in Construction*, vol. 124, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103577.

Guillaud, H., & Houben, H. **Traité de construction en terre,** Parenthèses. 2006.

Harrison, R. **Earth: The Conservation and Repair of Bowhill, Exeter. Working with Cob.** London: James e James, 1999.

Juniir, M. C.; Motta J. F. M.; Almeida, A. S., Tanno, L. C. **“Argila para Cerâmica Vermelha,”** 2008.

Lisbôa, S. A. S. **Painel de Pau a Pique – Bambu e Terra – na Ilha de Santa Catarina,** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

Luz, A. B.; Lins, F. A. F. **Rochas e Minerais Industriais: Usos e especificações,** (2a ed.). CETEM/MCT, 2008.

Mazzanti, V., Malagutti, L., & Mollica, F. **FDM 3D printing of polymers containing natural fillers: A review of their mechanical properties.** *Polymers*, vol. 11, no. 7. MDPI AG, 2019. doi: 10.3390/polym11071094.

M. C. Brady and R. R. Weil, **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**, 3ª. Bookman, Pearson Education, Inc, 2013.

Näther, M. et al. **Beton-3D-Druck Machbarkeitsuntersuchungen zu kontinuierlichen und schalungsfreien Bauverfahren durch 3D-Formung von Frischbeton**. 1. ed. Alemanha: Fraunhofer IRB Verlag, 2016.

Norma Técnica de Edificación NTE E.080. **Servicioacional de capacitación para la industria de la construcción**. Peru, 2000. Disponível em: <https://centrocidart.files.wordpress.com/2013/10/norma-peruana-de-adobe.pdf>. Acesso em: 8 maio 2024.

M.Kontovourkis and G. Tryfonos. **Robotic 3D clay printing of prefabricated non-conventional wall components based on a parametric-integrated design**. Automation in Construction, vol. 110, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2019.103005.

Pardini, “O que são as argilas e os argilominerais?” <https://www.minasjr.com.br/argilas-e-argilominerais/>. Acesso em: 05 mai. 2023.

Patterson, A. E.; Messimer, S. L. **State-of-the-Art Survey of Additive Manufacturing Technologies, Methods, and Materials**. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33894.47684/2>. Acesso em: 12 mai. 2024.

Pereira, M. S. Pereira, Oliveira R. S. S., Melo A. B., Cavalcante A. L. “**Projeto de uma bioalvenaria de vedação a partir de terra crua: o caso do tijolo de adobe**,” vol. 3, no. 3, pp. 64–75, 2014.

Rotondaro, R. **Técnicas de construção com terra**. 2011.[Online]. Available: www.redproterra.org

Souza, M. T.; Ferreira, I. M.; Guzi de Moraes, E.; senff, L.; Novaes de Oliveira, A. P. **3D printed concrete for large- scale buildings: An overview of rheology, printing parameters, chemical admixtures, reinforcements, and economic and environmental prospects**. Journal of Building Engineering, vol. 32. Elsevier Ltd, Nov. 01, 2020. doi: 10.1016/j.jobee.2020.101833.

Thomas, S., e Pothan, L. A. **Natural Fibre Reinforced Polymer Composites - Macro to nanoscale**. 2009.

Volpato, N.; Carvalho, J. de. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2018.



AUTORES

Cledson Aparecido Rufato

Graduado em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá. Especialista em Inteligência Policial e Gestão em Segurança Pública.

Diogo Schröpfer

Mestrado em andamento no Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Ensino de Física – Universidade Federal de Santa Maria (PPGEMEF – UFSM). Graduação completa - Licenciatura em Matemática - Instituto Federal Farroupilha - Campus Santa Rosa. E-mail: diogosc.26@gmail.com

Felype Santos Borges

Mestrando em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais pela UESC. Possui graduação em Engenharia Civil pela UESC. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Ciência dos Materiais. E-mail: fsborges.egc@uesc.br

Francisco Valdenir de Andrade Souza

Escritor, pesquisador e Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação (2016), pela Universidade Paulista (UNIP). Pós-Graduação (2019), *latu sensu* em Computação Forense e Perícia Digital pelo Instituto de Graduação e Pós-Graduação – IPOG. Licenciado (2021) em Informática pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI). Pós-Graduação (2023), *latu sensu* em Data Protection Officer – DPO, pela Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera. Pós-Graduação (2024), *latu sensu* em Segurança da Informação, pela Faculdade IMES. Membro do Comitê Público (2024) do Instituto de Defesa Cibernética da América Latina (IDCiber). Atua como Help Desk em Tecnologia da Informação na Universidade Estadual do Ceará (UECE/FAFIDAM), onde tem contribuído para o suporte técnico de ambientes educacionais, com interesse crescente na interseção entre tecnologia e práticas educacionais. Seu foco acadêmico e profissional inclui o impacto das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no processo de ensino e aprendizagem, bem como a segurança e proteção de dados no ambiente educacional.

Gabriela Birk

Doutoranda em Administração e Ciências Contábeis pela FUCAPE Business School; Mestra em Gestão e Negócios pela UNISINOS; Mestra em Economia pela PUC-RS.

Karla Luzia Alvares dos Prazeres

Doutoranda em Direito pela UNESA; Doutoranda em Educação pela UDS; Mestra em Direito pela FADIC.

Lais Araújo Fernandes da Costa

Mestranda em Administração pela UNIFACCAMP.

Marcelo Tramontin Souza

Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSC. Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSC e graduado em Engenharia Cerâmica pela UNIBAVE. Atuou em pesquisa na Universidade de Aveiro e realizou pós-doutoramento na UFSC e na UNESC. Atualmente é Professor Visitante Adjunto na UESC, atuando em pesquisa sobre materiais industriais e biomateriais. E-mail: mtsouza@uesc.br

Marcos Alexandre Rodrigues Oliveira

Mestrando em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais pela UESC. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela PUC Minas e MBA em Gestão de Projetos pela USP. Graduado em Engenharia Civil pela FMT. Atua como Professor de Ensino Superior, lecionando tanto na Pós-Graduação quanto na Graduação. E-mail: maroliveira.procimm@uesc.br

Patrícia Loriane Falk

Mestrado em andamento no Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Ensino de Física – Universidade Federal de Santa Maria (PPGEMEF – UFSM). Graduação completa – Licenciatura em Matemática - Instituto Federal Farroupilha - Campus Santa Rosa. Professora Concursada na Rede Estadual do Rio Grande do Sul desde 2024. E-mail: patricia.2020002623@aluno.iffar.edu.br

Paulo Joviniano Alvares dos Prazeres

Doutor em Direito pela UNICAP; Doutorando em Administração e Ciências Contábeis pela FUCAPE Business School.

Ruan Carlos de Araújo Moura

Doutor em Engenharia Civil pela UFBA, Mestre em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais pela UESC, graduado em Engenharia de Produção pela UESC e técnico em Edificações pelo IFBA. Coordenador do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC/UESC) e revisor de periódicos. Atua no desenvolvimento de materiais para Engenharia Civil, com ênfase em concretos e compósitos poliméricos, reutilização de resíduos industriais e análise de durabilidade. Autor de artigos científicos em congressos e revistas especializadas. E-mail: rcamoura@uesc.br



Editora
UNIESMERO

ISBN 978-655492091-9



9 | 786554 | 920919

