

Adriano Mesquita Soares  
(Organizador)

# Tópicos Especiais em **ENGENHARIA:**

inovações e avanços tecnológicos  
Vol. 7

**Adriano Mesquita Soares**  
(Organizador)

**Tópicos Especiais em  
Engenharia: inovações e  
avanços tecnológicos**

**Vol. 7**

**Ponta Grossa**  
**2023**

---

## **Direção Editorial**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Organizador**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Capa**

AYA Editora©

## **Revisão**

Os Autores

## **Executiva de Negócios**

Ana Lucia Ribeiro Soares

## **Produção Editorial**

AYA Editora©

## **Imagens de Capa**

br.freepik.com

## **Área do Conhecimento**

Engenharías

---

## **Conselho Editorial**

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva

*Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí*

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

*Instituto Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

*Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP*

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

*Centro Universitário FACEX*

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

*Universidade do Estado de Minas Gerais*

Prof.ª Ma. Denise Pereira

*Faculdade Sudoeste – FASU*

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

*Universidade Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença*

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

*Universidade de Santa Cruz do Sul*

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão

*Faculdade Santa Helena*

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior

*Universidade Federal de Roraima*

Prof.º Me. Jorge Soistak

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara*

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

*Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

*Faculdade Santana*

---

---

**Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho**

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

**Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues**

*Universidade Norte do Paraná*

**Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa**

*Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP*

**Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes**

*Universidade Estadual do Centro-Oeste*

**Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch**

*Faculdade Sagrada Família*

**Prof.º Dr. Pedro Fauth Manhães Miranda**

*Universidade Estadual de Ponta Grossa*

**Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes**

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas*

**Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani**

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

**Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira**

*Instituto Federal do Acre*

**Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail**

*Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

**Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens**

*Faculdade Sagrada Família*

**Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares**

*Universidade Federal do Piauí*

**Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros  
Rodrigues**

*Faculdade Sagrada Família*

**Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia**

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

**Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira  
Miranda Santos**

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

**Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues**

*Instituto Federal de Santa Catarina*

---

© 2023 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas nos capítulos deste Livro, bem como as opiniões nele emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores e não representam necessariamente a opinião desta editora.

---

T757 Tópicos especiais em engenharia: inovações e avanços tecnológicos [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador). -- Ponta Grossa: Aya, 2023. 209 p.

v.7

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-299-9

DOI: 10.47573/aya.5379.2.211

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Comércio eletrônico. 3. Comércio varejista. 4. Análise de sistemas. 5. Fluxogramas. 6. Inteligência artificial. 7. Inovações tecnológicas. 8. Tecnologia da informação. 9. Revolução industrial. 10. Automação industrial. 11. Robôs industriais. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 620.007

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

---

## **International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora LTDA**

### **AYA Editora©**

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

WhatsApp: +55 42 99906-0630

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

84.071-150

# SUMÁRIO

Apresentação..... 10

## 01

**A IoT e o seu uso na Saúde e em Ambientes de Unidades de Terapia Intensiva (UTI)..... 11**

Ariel de Vasconcelos Gonçalves

Raony Canela Damiani

Ronny Caitano da Silva

DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.1

## 02

**Estudo comparativo entre lajes quadradas maciças em função dos vãos com base na análise do aço e do concreto..... 23**

Jonathan Jefferson de Castro Pinto

Lucas Moraes de Souza

Olavo Ferreira Brito Júnior

DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.2

## 03

**Estudo da metodologia BIM para compartilhização de projetos e gestão de obras..... 32**

Jonathan Jefferson de Castro Pinto

Lucas Moraes de Souza

Francisco Wallysson Paiva Magalhães

Olavo Ferreira Brito Júnior

DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.3

# 04

## **Modelagem Cinemática, Planejamento e Geração de Trajetória para um Robô Modelo SCARA através de Aplicativo para Análise Gráfica..... 43**

Flávio Luiz Rossini  
Leonardo de Melo Abreu  
Luiz Fernando Pinto de Oliveira  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.4

# 05

## **Viabilização da implementação de robôs na indústria metalúrgica ..... 59**

Leonardo Figueira Castelani  
Ronaldo Gomes Figueira  
Fabiana Florian  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.5

# 06

## **Sistema de fechadura eletrônica com Arduino: uma abordagem prática para o controle e monitoramento remoto de acesso ..... 72**

Vinícius Alves Resador  
Alexandre Munhoz  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.6

# 07

## **A presença da tecnologia da informação e comunicação nas pequenas empresas de engenharia, arquitetura e construção..... 90**

Dayana Ruth Bola Oliveira  
Thiago Alberto Pruner  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.7

# 08

## **Simulação da programação de serviços de manutenção e sequenciamento ..... 102**

Carolina Soares Vieira  
Jeferson Oliveira Pinto Coelho  
Milena Fernandes França  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.8

# 09

## **Biolubrificantes: conceitos, benefícios e aplicações na indústria ..... 112**

Marinalva Ferreira Trajano  
Salete Martins Alves  
Leonardo Vale de Araujo  
Sheyla Varela Lucena  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.9

# 10

## **Proposta de desenvolvimento de um sensor de baixo custo para controle de cargas usando fibra óptica... 129**

Osiel Silvestre Luiz  
Flavio Barcelos Braz da Silva  
Adilson Ribeiro Prado  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.10

# 11

## **Processo de compras no comércio eletrônico: análise da eficácia do fluxograma de uma varejista de móveis em Teresina..... 148**

Asthar Lopes da Rocha Marinho  
Joécio Braga de Sousa  
Elivania Leal Ribeiro  
Ítalo Rodrigo Monte Soares



Jandson Vieira Costa  
Christiane Carvalho Veloso  
Márcio Henrique Yacyszyn  
Gabriel Oliveira Marques da Costa  
Salvina Lopes Lima Vera  
Francisco Rafael Campos de Macedo

DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.11

# 12

**O grande sucesso de determinados aplicativos na Apple Store e Play Store, a profissão que cresceu e é a da atualidade e do futuro com a Revolução 4.0, demonstração do aplicativo mais baixado da Play Store e Apple Store ..... 159**

Welken Charlois Gonçalves

DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.12

# 13

**Aplicabilidade em Negociação Algorítmica, Blockchain e Inteligência Artificial..... 187**

Emerson Antonio Freire Pavão

DOI: 10.47573/aya.5379.2.211.13

**Organizador..... 202**

**Índice Remissivo..... 203**

---

# Apresentação

---

É com grande satisfação que apresento o sétimo volume da série **“Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos”**. Este livro representa um compêndio de conhecimentos de vanguarda que abrange uma ampla gama de áreas da engenharia, destacando as mais recentes inovações e desenvolvimentos tecnológicos. Cada capítulo deste volume oferece uma visão aprofundada sobre questões cruciais e emergentes que moldam o cenário da engenharia contemporânea.

Os capítulos elaborados da obra refletem a diversidade e a amplitude das disciplinas dentro da engenharia, abordando desde aplicações inovadoras da Internet das Coisas (IoT) na área da saúde até o estudo detalhado de sistemas estruturais em diferentes materiais, como aço e concreto. Além disso, questões cruciais como a gestão de projetos por meio da metodologia BIM, o desenvolvimento de robótica industrial e avanços em tecnologias de informação e comunicação nas empresas de engenharia, arquitetura e construção também são meticulosamente exploradas.

A interseção entre a tecnologia e a engenharia é particularmente evidente nos capítulos que discutem a modelagem cinemática de robôs, a implementação de sistemas eletrônicos avançados, o uso de fibras ópticas para controle de cargas e o estudo da aplicabilidade de algoritmos, blockchain e inteligência artificial em cenários de negociação.

O conteúdo apresentado neste volume é fruto do árduo trabalho e da dedicação dos autores, especialistas em suas respectivas áreas de atuação. Seus esforços resultaram em contribuições que promovem a compreensão aprofundada das tendências atuais e futuras na engenharia, e sua aplicação prática em diferentes setores da sociedade. A diversidade de temas abordados aqui oferece aos leitores uma oportunidade única de explorar e assimilar conhecimentos que transcendem as fronteiras tradicionais da engenharia.

Neste mundo em constante evolução, a engenharia desempenha um papel vital na condução de avanços tecnológicos que moldam nossa sociedade. Este livro é um reflexo eloquente desse papel, fornecendo *insights* valiosos para profissionais, pesquisadores, estudantes e todos aqueles que buscam compreender e contribuir para a inovação no campo da engenharia.

Que este sétimo volume de **“Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos”** inspire novas ideias, perspectivas e colaborações, impulsionando assim o progresso contínuo da engenharia.

Boa leitura!

**Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares**

*Editor Chefe*

## A IoT e o seu uso na Saúde e em Ambientes de Unidades de Terapia Intensiva (UTI)

### *IoT and its use in Health and Intensive Care Unit (ICU) Environments*

**Ariel de Vasconcelos Gonçalves**

*Universidade Virtual do Estado de São Paulo - Univesp*

**Raony Canela Damiani**

*Universidade Virtual do Estado de São Paulo - Univesp*

**Ronny Caitano da Silva**

*Universidade Virtual do Estado de São Paulo - Univesp*

#### RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) é uma revolução tecnológica que tem ganhado destaque na área da saúde, proporcionando soluções inovadoras e eficientes para pacientes, profissionais de saúde e o sistema como um todo. Através do monitoramento contínuo de sinais vitais por meio de dispositivos IoT, como *smartwatches* e sensores vestíveis, os tratamentos se tornam mais personalizados e os diagnósticos mais precisos, resultando em uma assistência médica mais ágil e abrangente. Nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI), a IoT oferece diversas vantagens, como o rastreamento em tempo real de recursos médicos e equipamentos, o monitoramento constante dos sinais vitais dos pacientes e uma comunicação aprimorada entre a equipe médica. Essas aplicações ilustram o potencial transformador da tecnologia, melhorando a segurança e a eficiência no cuidado aos pacientes. No entanto, a privacidade e a segurança dos dados são desafios significativos na implementação da IoT. Dispositivos IoT são vulneráveis a invasões cibernéticas, exigindo a adoção de medidas de proteção, como o uso de redes seguras, senhas fortes, *softwares* de segurança e firewalls eficientes. Por fim, a IoT representa um avanço promissor na área da saúde, com potencial para impactar positivamente a vida dos pacientes, a eficiência dos serviços de saúde e a experiência dos profissionais envolvidos. A adoção consciente e segura da IoT é essencial para colher seus benefícios e promover avanços significativos na qualidade de vida e no cuidado médico.

**Palavras-chave:** saúde. tecnologia. sensores. monitoramento.



## ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is a technological revolution that has gained prominence in the healthcare sector, providing innovative and efficient solutions for patients, healthcare professionals, and the entire system. Through continuous monitoring of vital signs using IoT devices such as smartwatches and wearable sensors, treatments become more personalized, and diagnoses become more accurate, resulting in faster and comprehensive medical assistance. In Intensive Care Units (ICUs), IoT offers several advantages, including real-time tracking of medical resources and equipment, constant monitoring of patients' vital signs, and enhanced communication among the medical team. These applications illustrate the transformative potential of technology, improving patient safety and efficiency in healthcare. However, data privacy and security are significant challenges in IoT implementation. IoT devices are vulnerable to cyber-attacks, necessitating the adoption of protective measures such as secure networks, strong passwords, effective security software, and firewalls. Ultimately, IoT represents a promising advancement in the healthcare field, with the potential to positively impact patients' lives, healthcare service efficiency, and the experience of healthcare professionals. Conscious and secure adoption of IoT is essential to reap its benefits and drive significant advancements in the quality of life and medical care.

**Keywords:** health. technology. sensors. monitoring.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, a presença da tecnologia é tão integrada ao cotidiano humano que é praticamente impensável viver sem ela, abrangendo desde o ambiente de trabalho até as questões relacionadas à saúde. Com avanços tecnológicos constantes, a evolução dessas tecnologias tem alcançado patamares cada vez mais surpreendentes. Há alguns anos, a ideia de que objetos cotidianos, como eletrodomésticos (geladeiras, máquinas de lavar, cafeteiras, etc.), pudessem “conectar-se” entre si e à internet, além de interagir com os seres humanos, era algo inimaginável.

Essa revolução tecnológica de interconexão e interação entre dispositivos é conhecida como Internet das Coisas (*IoT - Internet of Things*). A IoT tem se mostrado uma ferramenta poderosa que não só beneficia a vida das pessoas em suas residências, mas também tem um impacto significativo em diversos ambientes de trabalho, incluindo a área da saúde. “A IoT foi um dos recursos fundamentais nos esforços relacionados à pandemia do COVID-19, já que o controle de infectados pelo vírus foi monitorado com mais precisão e os atendimentos à distância foram possibilitados de maneira mais ampla” (FREIRE *et al.*, 2022).

Na saúde, a IoT tem desempenhado um papel fundamental ao proporcionar soluções inovadoras e eficientes. A possibilidade de monitorar pacientes utilizando tecnologia, sem a necessidade de presença física contínua de um profissional de saúde, permite uma assistência mais flexível e abrangente. Através de equipamentos e sensores interconectados, é possível registrar em tempo real e de forma otimizada os sinais vitais dos pacientes, como temperatura, pressão arterial e glicose, facilitando a análise e tomada de decisões por parte dos profissionais de saúde.

Além disso, a IoT também viabiliza a realização de exames menos invasivos e o uso de leitos inteligentes, que se ajustam automaticamente às necessidades do paciente em situações em que não há um profissional de saúde próximo ao leito. Essas inovações têm o potencial de melhorar significativamente a qualidade do atendimento, proporcionando maior conforto e segurança aos pacientes.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo explorar e analisar o uso da IoT na área da saúde, especialmente em ambientes de monitoramento avançado, como as Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Pretende-se, por meio de uma revisão abrangente da literatura, destacar os avanços alcançados pela IoT na saúde, discutir seus benefícios e desafios, e fornecer *insights* sobre o potencial impacto positivo que essa tecnologia pode ter na melhoria da qualidade de vida dos pacientes e na eficiência dos serviços de saúde.

A revisão sistemática da literatura científica permitirá a compilação de informações relevantes e atualizadas sobre o tema, possibilitando uma compreensão mais completa dos avanços da IoT na área da saúde e sua aplicação específica em ambientes críticos, como as UTI. Ao promover o entendimento dessa tecnologia emergente na saúde pública, este estudo visa contribuir para a evolução do setor, incentivando a adoção e implementação consciente da IoT em benefício dos pacientes, dos profissionais de saúde e do sistema de saúde como um todo.

## O QUE É A IOT?

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia que possibilita a comunicação entre objetos do cotidiano por meio de uma rede global, permitindo a transferência de diversos tipos de dados. O termo IoT deriva do inglês “*Internet of Things*”, que em português significa “internet das coisas”. Nesse contexto, objetos habilitados para a IoT são dotados de placas de rede e um identificador exclusivo, semelhante a um nome, assim como ocorre com dispositivos computacionais.

A conectividade na IoT pode ocorrer por meio de diferentes métodos, como conexão cabeada, *Wi-Fi*, *Bluetooth*, entre outros, adaptando-se às necessidades e objetivos específicos de cada projeto. Adicionalmente às placas de rede e identificadores, esses objetos também contêm sensores incorporados, cuja função é coletar informações específicas e convertê-las em dados tratáveis. Esses dados são então processados por sistemas de *software* embarcados em componentes computacionais aos quais os objetos estão vinculados.

Os sistemas de software recebem os dados e os processam conforme suas programações, tornando-os disponíveis para análise ou tomada de decisões pelos usuários. Em muitos casos, sistemas totalmente automatizados podem tomar decisões automaticamente com base nos resultados das análises, dispensando a intervenção humana.

A IoT não se limita apenas a objetos inanimados, mas também pode abranger seres humanos e animais equipados com sensores. Por exemplo, monitores de frequência cardíaca em seres humanos podem ser utilizados para prevenir ataques cardíacos,

enquanto coleiras com sensores rastreiam a localização e analisam a saúde de animais de estimação. Na área da agropecuária, sensores em equipamentos agrícolas podem ser empregados para detectar problemas na lavoura ou no solo, proporcionando benefícios significativos em diversos setores da vida cotidiana e da indústria. “A Internet das Coisas (IoT) não é mais uma promessa tecnológica.” (MASSOLA, S. C.; PINTO, G. S., 2018)

## IOT NA SAÚDE: SEUS BENEFÍCIOS E MODOS DE USO

Um estudo bibliométrico realizado por Moreira *et al.* (2020) analisaram produção científica sobre IoT e *Machine Learning* na área da saúde. Os resultados mostraram um aumento significativo no número de artigos publicados sobre o tema, indicando o crescente interesse e potencial da IoT na área da saúde (Moreira *et al.*, 2020). A Internet das Coisas (IoT) tem sido amplamente aplicada na área da saúde, trazendo benefícios significativos para o atendimento ao paciente, procedimentos médicos e aprimoramento de técnicas e modalidades de ensino na área da saúde (FREIRE *et al.*, 2022).

### Monitoramento de sinais vitais em tempo real

A incorporação da Internet das Coisas (IoT) na área da saúde promove transformações significativas no tratamento de doenças, nos diagnósticos médicos e na agilidade da tomada de decisões, tornando-as mais rápidas, eficazes e eficientes. Dispositivos vestíveis (*wearable devices*), que já são comuns no cotidiano das pessoas, como *smartwatches* ou *smart clothes*, estão sendo utilizados atualmente em leitos hospitalares para monitorar sinais vitais, como controle cardíaco, de temperatura e de glicose.

Com esse tipo de monitoramento padronizado e sistemático, estima-se que haja uma redução de até 30% no tempo de trabalho dos profissionais de saúde, o que resulta em melhorias significativas no desempenho de suas atividades, ao diminuir a carga de trabalho onerosa.

Detalhes sobre os sensores e dispositivos utilizados para o monitoramento dos sinais vitais serão abordados com maior profundidade no item 3.4 deste artigo.

A figura 1 abaixo apresenta um exemplo de *smartwatch* utilizado no dia a dia por pessoas:

Figura 1 – Smartwatch.



Fonte: Master Certificações (2022)

## Benefícios do monitoramento remoto na UTI e na saúde

A utilização da Internet das Coisas (IoT) na área da saúde proporciona uma série de benefícios que vão além da significativa redução do tempo de serviço dos profissionais de saúde. O monitoramento contínuo viabiliza tratamentos altamente especializados aos pacientes e resulta em diagnósticos mais precisos. Essa melhoria é possibilitada pela facilidade e amplitude dos dados gerados por um sistema IoT, permitindo que informações sejam disponibilizadas de forma rápida e em tempo real para a equipe médica.

Além disso, o acompanhamento clínico apoiado por tecnologia reduz consideravelmente a probabilidade de ocorrência de erros médicos. Embora erros sejam inerentes à prática médica e a tecnologia não seja infalível, as taxas de ocorrência desses erros são notavelmente menores quando comparada à tomada de decisões exclusivamente humanas, abrangendo desde as situações mais simples até as mais complexas.

O monitoramento remoto na UTI (Unidade de Terapia Intensiva) tem um papel especialmente importante, permitindo que os pacientes críticos sejam acompanhados de forma mais próxima e contínua. Sensores e dispositivos IoT interconectados possibilitam a coleta em tempo real de diversos sinais vitais, como frequência cardíaca, pressão arterial, saturação de oxigênio e outros parâmetros cruciais, possibilitando uma vigilância constante sobre o estado do paciente.

Esses benefícios contribuem para a melhoria do atendimento de saúde, ao proporcionar maior segurança e precisão no diagnóstico, tornando o tratamento mais eficiente e individualizado. A IoT representa um avanço promissor na área médica, otimizando o cuidado ao paciente e fortalecendo a colaboração entre tecnologia e prática clínica, com potencial para impactar positivamente a vida dos pacientes e a qualidade do serviço de saúde como um todo.

**Figura 2 – Software com Dados Recebidos de IoT.**



**Fonte: Victor Vision (2022)**

Uma outra vantagem importante do uso da IoT na saúde é a atualização automatizada dos prontuários dos pacientes. Os sistemas IoT podem realizar verificações automatizadas dos pacientes e, quando necessário, atualizar seus prontuários de forma eficiente e precisa, garantindo que as informações médicas estejam sempre atualizadas e acessíveis aos profissionais de saúde.

Adicionalmente, a implementação da IoT na saúde contribui para aprimorar a gestão de recursos. Isso se traduz em uma diminuição nos custos relacionados à realização de exames, consultas e tratamentos, otimizando o uso dos recursos disponíveis nos sistemas de saúde. Essa gestão mais eficiente dos recursos beneficia tanto os profissionais de saúde, permitindo uma melhor distribuição de atendimentos, quanto os pacientes, ao reduzir o tempo de espera e proporcionar um tratamento mais ágil e acessível.

De fato, o monitoramento remoto na UTI e na saúde como um todo traz benefícios significativos para pacientes, profissionais de saúde e sistemas de assistência médica. A tecnologia IoT agrega valor ao possibilitar tratamentos mais personalizados, diagnósticos mais precisos e uma melhor gestão dos recursos disponíveis, ao mesmo tempo em que contribui para a redução de erros médicos.

A integração da IoT na área da saúde está alinhada com a visão da “saúde 4.0”, um conceito que espelha a revolução tecnológica vivenciada na indústria, onde a automação e a digitalização transformaram os processos de produção. De maneira análoga, na saúde 4.0, a automatização e o uso de recursos tecnológicos revolucionaram o método de cuidar das pessoas, proporcionando uma assistência médica mais avançada, precisa e personalizada.

Essa tendência de integração entre tecnologia e saúde promove uma melhoria substancial na experiência dos pacientes, ao mesmo tempo que aumenta a eficiência dos serviços médicos. Investir nessa abordagem tecnológica é essencial para acompanhar as demandas do cenário atual, tornando a assistência à saúde mais moderna, eficiente e centrada no paciente.

## Exemplos de uso da IoT já aplicado na área da saúde

Durante o auge da pandemia de Covid-19, houve uma sobrecarga nos leitos de UTI, o que levou à necessidade de realocação de pacientes que precisavam de oximetria contínua. Para atender a essa demanda, surgiu o conceito de “monitoramento residencial”, onde alguns pacientes mais críticos que ainda necessitavam de acompanhamento com oxímetro foram mantidos em leitos distintos da UTI, enquanto casos mais leves receberam cuidados em suas próprias residências. Essa mudança no cenário de atendimento foi viabilizada pelo telemonitoramento, uma prática facilitada pelo uso da IoT.

O telemonitoramento permitiu que os pacientes fossem acompanhados remotamente por dispositivos com sensores conectados ao corpo, sem a necessidade de se deslocarem até os hospitais para reavaliação constante. Essa tecnologia de monitoramento à distância proporciona uma assistência mais personalizada e flexível, ao mesmo tempo que alivia a pressão sobre os sistemas de saúde, especialmente em momentos de alta demanda.

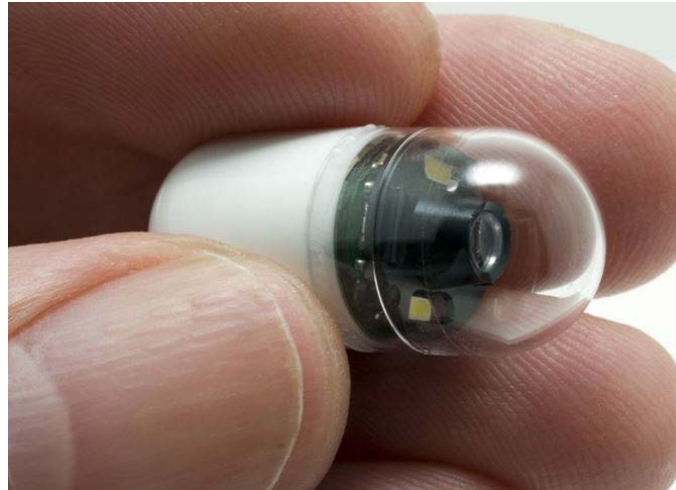
Outra aplicação relevante da IoT é a realização de exames que antes seriam mais difíceis ou invasivos. Um exemplo é a cápsula endoscópica, projetada para gerar imagens do intestino delgado de um paciente. Nesse procedimento, o paciente ingere uma cápsula especialmente desenvolvida para esse fim. Essa cápsula percorre todo o sistema digestório, capturando imagens ao longo do trajeto e enviando-as para um sistema instalado em um computador externo, que é geralmente monitorado por um médico.

Essa cápsula endoscópica é do tamanho de um comprimido, revestida por uma



camada transparente e contém uma câmera interna que transmite as imagens de forma sem fio por meio de um transmissor. Além disso, ela possui uma bateria interna e uma luz para iluminar o local em que as imagens são geradas. Esse procedimento não invasivo e de baixo desconforto para o paciente é uma alternativa valiosa para casos em que procedimentos tradicionais, como endoscopia ou colonoscopia, não seriam adequados. A figura 3 abaixo apresenta um exemplo da cápsula endoscópica:

**Figura 3 – Cápsula Endoscópica.**



Fonte: iGastroProcto (2023)

## **Utilização de dispositivos IoT para melhorar o fluxo de trabalho e a comunicação na UTI**

A aplicação da IoT na saúde humana tem sido impulsionada pelo avanço das tecnologias da Indústria 4.0, que permitem a integração de tecnologias como a bioimpressão 3D e a genética humana (AMARAL *et al.*, 2020). Além disso, a IoT tem sido utilizada para coleta de dados de saúde por meio de sensores, possibilitando o uso de inteligência artificial para análise e diagnóstico de pacientes (AMARAL *et al.*, 2020). A aplicação de dispositivos IoT (Internet das Coisas) na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) proporciona inúmeros benefícios, aprimorando o fluxo de trabalho, otimizando a comunicação e reforçando a segurança do paciente. Algumas formas pelas quais a IoT pode ser aplicada para alcançar esses objetivos são:

- a) Rastreamento de recursos médicos e equipamentos: Etiquetas ou sensores IoT podem ser anexados a equipamentos médicos, como bombas de infusão, monitores cardíacos e respiradores, para rastrear sua localização e status em tempo real. Isso permite que a equipe médica localize rapidamente os recursos necessários, reduzindo o tempo gasto em sua procura e garantindo um atendimento mais ágil e eficiente. Na Figura 4 abaixo, é possível observar um exemplo de monitor cardíaco utilizado na UTI:

**Figura 4 – Monitor Cardíaco.**

Fonte: Victor Vision (2022)

b) Monitoramento do estoque: Plataformas de IoT podem fornecer um inventário em tempo real de todos os equipamentos da UTI, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos. Essa abordagem garante que não falem suprimentos essenciais e facilita a manutenção preventiva, evitando contratempos e melhorando a preparação para situações emergenciais;

c) Monitoramento de pacientes: Como mencionado anteriormente no item 3.1 deste artigo, sensores e dispositivos vestíveis podem ser usados para monitorar constantemente os sinais vitais dos pacientes, incluindo pressão arterial, oxigenação do sangue e até mesmo o humor do paciente para casos que necessitem de acompanhamento psicológico. Os dados obtidos por esses dispositivos podem ser transmitidos automaticamente para o sistema de registros médicos eletrônicos (Prontuário Eletrônico do Paciente) e alertar a equipe em caso de alterações preocupantes. Além disso, dispositivos de IoT podem detectar automaticamente quedas ou emergências médicas dos pacientes, acionando alarmes para uma resposta rápida da equipe de enfermagem. “Monitorar os sinais vitais de um paciente de forma contínua em sua rotina diária poderia ajudar a diminuir o risco de mortes e o impacto financeiro no setor da saúde” (GONÇALVES E MEDINA, 2021);

d) Comunicação aprimorada: A IoT pode viabilizar sistemas de comunicação interconectados, como dispositivos portáteis para a equipe médica, permitindo uma comunicação mais rápida e eficiente entre os membros da equipe, mesmo quando estão em diferentes áreas da UTI. Além disso, painéis de informações em tempo real podem ser instalados em locais estratégicos da UTI para fornecer atualizações importantes sobre o estado dos pacientes, disponibilidade de leitos e outras informações críticas;

e) Redução de erros médicos e segurança do paciente: A automação de tarefas por meio de dispositivos IoT pode reduzir erros humanos, como administração incorreta de medicamentos ou dosagens, garantindo que as ações sejam tomadas conforme prescrições médicas e protocolos estabelecidos. Algoritmos de análise de dados de IoT podem ser usados para identificar padrões e tendências, auxiliando a equipe médica no diagnóstico precoce de problemas de saúde e fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões clínicas mais assertivas.

Essas aplicações da IoT na UTI ilustram o potencial transformador dessa tecnologia no contexto da saúde, proporcionando um ambiente mais seguro e eficiente para pacientes e profissionais de saúde. No entanto, é essencial garantir que a implementação da IoT na saúde seja realizada com segurança e privacidade em mente. Isso inclui o uso de protocolos de segurança robustos para proteger as informações do paciente e garantir que os dispositivos sejam atualizados e monitorados regularmente para evitar vulnerabilidades cibernéticas. Além disso, a equipe médica deve ser adequadamente treinada para usar e interpretar os dados gerados pelos dispositivos IoT corretamente, garantindo que essa tecnologia seja uma aliada eficaz na melhoria dos cuidados de saúde.

## PRIVACIDADE E SEGURANÇA DOS DADOS

A implementação da Internet das Coisas (IoT) tem sido amplamente explorada neste artigo como uma ferramenta poderosa e versátil dentro do contexto do sistema de saúde. No entanto, assim como acontece em qualquer sistema computacional, sua adoção é sujeita a desafios significativos. Embora seu propósito seja facilitar a vida cotidiana, a implementação da IoT não é uma tarefa trivial. São necessários esforços cuidadosos para garantir que o sistema funcione de maneira eficiente e, acima de tudo, com a maior segurança possível. Dentre os desafios mais prementes para a implementação dessa tecnologia, destacam-se questões relacionadas à privacidade e segurança dos dados coletados e armazenados. Um dos principais desafios na aplicação da IoT na área da saúde é garantir a segurança dos dados médicos compartilhados. Nesse sentido, o uso de *blockchain* permissionado tem sido proposto como uma solução para o compartilhamento seguro de dados de saúde. (GOMES E COUTINHO, 2022)

Os sistemas de IoT são altamente suscetíveis a invasões por cibercriminosos, que podem não apenas obter acesso não autorizado a dados confidenciais, mas também comprometer integralmente o funcionamento do sistema. Isso ocorre devido à crescente adoção de dispositivos IoT, em conjunto com a estagnação dos processos e protocolos de segurança que garantiriam conexões mais robustas e confiáveis. (INFONOVA, 2022)

Vale ressaltar que a vulnerabilidade dos dispositivos IoT é, em grande parte, atribuída à ausência de capacidades computacionais integradas de segurança (ESCOLA SUPERIOR DE REDES, 2021). Nesse sentido, a cibersegurança se apresenta como um desafio relevante, especialmente em ambientes hospitalares, onde dados sensíveis dos pacientes estão em risco. Portanto, é fundamental o desenvolvimento de abordagens eficazes para detectar e impedir atividades maliciosas, garantindo a proteção das informações dos pacientes. (LÉLIS *et al.*, 2020)

Dentre as práticas que visam mitigar os riscos de segurança e proteger os dados dos sistemas IoT, destacam-se:

- Evitar conectar dispositivos em redes desprotegidas ou não reconhecidas, priorizando o uso de redes conhecidas e confiáveis;
- Estabelecer senhas robustas para redes e dispositivos, garantindo a segurança das comunicações;

- Restringir o uso de dispositivos particulares, como smartphones, na rede, evitando possíveis brechas de segurança decorrentes de uso inadequado;
- Utilizar softwares de segurança, incluindo programas antivírus e soluções de detecção de dispositivos conectados à rede;
- Implementar padrões de gerenciamento dos dispositivos IoT, assegurando uma administração adequada e segura;
- Adotar *firewalls* eficientes para monitorar o tráfego na rede, identificando e prevenindo potenciais ameaças.

A implementação dessas medidas contribui para a construção de uma rede mais segura e menos suscetível a ataques maliciosos por parte de indivíduos ou softwares nocivos.

Em resumo, a privacidade e segurança dos dados representam um componente crítico na implementação da IoT no contexto da saúde. As práticas de cibersegurança adotadas devem ser contínuas e bem estruturadas, a fim de salvaguardar informações sensíveis e garantir a integridade e confidencialidade dos dados dos pacientes. A busca constante por soluções e protocolos de segurança mais robustos é essencial para o contínuo desenvolvimento e aplicação bem-sucedida da IoT no setor da saúde.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Internet das Coisas (IoT) é uma revolução tecnológica que tem alcançado avanços surpreendentes em diversas áreas, incluindo a saúde. Na área da saúde, a IoT tem desempenhado um papel fundamental, proporcionando soluções inovadoras e eficientes que beneficiam pacientes, profissionais de saúde e o sistema como um todo.

O monitoramento contínuo de sinais vitais por meio de dispositivos IoT, como *smartwatches* e sensores vestíveis, possibilita tratamentos mais personalizados e diagnósticos mais precisos, resultando em uma assistência médica mais ágil e abrangente. Esse monitoramento remoto também contribui para a redução de erros médicos, garantindo uma melhor gestão dos recursos e a atualização automatizada dos prontuários dos pacientes.

Em ambientes críticos, como as Unidades de Terapia Intensiva (UTI), a IoT oferece inúmeras vantagens, incluindo o rastreamento de recursos médicos e equipamentos em tempo real, o monitoramento constante dos sinais vitais dos pacientes e uma comunicação aprimorada entre os membros da equipe. Essas aplicações da IoT na UTI ilustram o potencial transformador dessa tecnologia, melhorando a segurança e a eficiência no cuidado aos pacientes.

Apesar dos benefícios, é essencial abordar os desafios relacionados à privacidade e segurança dos dados. A vulnerabilidade dos dispositivos IoT a invasões cibernéticas exige a implementação de medidas de proteção, como a conexão em redes seguras, o uso de senhas fortes, a adoção de softwares de segurança e a utilização de *firewalls* eficientes. É fundamental garantir que a implementação da IoT na saúde seja feita com segurança

e privacidade em mente, protegendo as informações sensíveis dos pacientes e evitando potenciais riscos.

Em suma, a IoT representa um avanço promissor na área da saúde, com potencial para impactar positivamente a vida dos pacientes, a eficiência dos serviços de saúde e a experiência dos profissionais envolvidos. Investir nessa abordagem tecnológica é essencial para acompanhar as demandas do cenário atual, tornando a assistência à saúde mais moderna, eficiente e centrada no paciente. Ao adotar a IoT com cautela e segurança, é possível colher os benefícios dessa tecnologia e promover avanços significativos na qualidade de vida e no cuidado médico.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, C. S. T.; DE SOUZA, O.; HILKNER DE SOUZA, L.; JOSÉ DA SILVA, G.; FATORI TREVIZAN, L. N. Novos caminhos da biotecnologia: As inovações da indústria 4.0 na saúde humana. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 203-231, 2020. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2020.v23i3.889. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/889>. Acesso em: 26 jul. 2023.

CARRION, P.; QUARESMA, M. Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais. *Human Factors in Design*, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 049-066, 2019. DOI: 10.5965/2316796308152019049. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796308152019049>. Acesso em: 20 jul. 2023.

FREIRE, J. C. G.; ALVES, A. B. de L.; ALMEIDA, A. L. B. de.; SILVA, B. R. S. da.; ARAÚJO, E. G. O. de.; FARIAS, G. D.; BESERRA, L. R. M.; GONDIM, F. M. L.; PIAGGE, C. S. L. D.; MÉLO, C. B. Internet of Things in Dentistry: has the future arrived? *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 8, p. e30211830820, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.30820. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30820>. Acesso em: 25 jul. 2023.

GAIDARGI, Juliana. Riscos de segurança da lot e como superá-los. Disponível em: <https://infonova.com.br/riscos-seguranca-iot-como-supera-los/#:~:text=A%20crescente%20preocupação%20com%20a,podem%20afetar%20os%20próprios%20dispositivos>. Acesso em: 26 jul. 2023.

GOMES, Alan Nascimento; COUTINHO, Emanuel Ferreira. Uma Solução para Compartilhamento de Dados de Saúde Baseada em Blockchain Permissionada e Internet das Coisas para Hospitais Inteligentes. In: *WORKSHOP EM BLOCKCHAIN: TEORIA, TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES (WBLOCKCHAIN)*, 5., 2022, Fortaleza. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022. p. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.5753/wblockchain.2022.223007>. Acesso em: 20 jul. 2023.

Internet das Coisas na área da saúde: Como utilizá-la da melhor maneira? *Neuralmed*, 2022. Disponível em: <https://www.neuralmed.ai/blog/internet-das-coisas-na-area-da-saude-como-utiliza-la-da-melhor-maneira>. Acesso em: 20 jul. 2023.

IoT Medicina: Saiba O que é, Exemplos e Tendências [2022]. *Master Certificações*, 2022. Disponível em: <https://master.org.br/homologacao-anatel/iot-medicina/>. Acesso em: 24 jul. 2023.

KAHWAGE, Dr. Rafael. Cápsula Endoscópica: Explorando a Tecnologia Revolucionária de

Filmagem do Trato Digestivo. Disponível em: <https://www.igastroprocto.com.br/capsula-endoscopica/>. Acesso em: 24 jul. 2023.

LELIS, Claudio; PEREIRA, Lourenço; MARCONDES, Cesar. Uma abordagem de detecção de atividade maliciosa em ambientes hospitalares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO APLICADA À SAÚDE (SBCAS), 20., 2020, Evento Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 380-391. ISSN 2763-8952. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbcas.2020.11529>. Acesso em 22 jul. 2023.

MASSOLA, S. C.; PINTO, G. S. O USO DA INTERNET DAS COISAS (IOT) A FAVOR DA SAÚDE. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 124–137, 2018. DOI: 10.31510/infa. V15i2.515. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/515>. Acesso em: 20 jul. 2023.

MELLO, Marcio. IoT na Saúde: entenda como ela pode ser aplicada. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/iot-na-saude/>. Acesso em: 24 jul. 2023.

MOREIRA, P. S. da C.; SALERNO, B. N.; TSUNODA, D. F. Internet das coisas e aprendizado de máquina na área da saúde: uma análise bibliométrica da produção científica de 2009 a 2019. Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde, [S. l.], v. 14, n. 1, 2020. DOI: 10.29397/reciis. V14i1.1807. Disponível em: <https://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/1807>. Acesso em: 26 jul. 2023.

O que é Internet das Coisas (IoT)? VMware, 2023. Disponível em: [https://www.vmware.com/br/topics/glossary/content/internet-things-iot.html#:~:text=A%20Internet%20das%20Coisas%20\(IoT,móveis%20até%20eletrodomésticos%20e%20carros](https://www.vmware.com/br/topics/glossary/content/internet-things-iot.html#:~:text=A%20Internet%20das%20Coisas%20(IoT,móveis%20até%20eletrodomésticos%20e%20carros). Acesso em: 24 jul. 2023.

POHLMANN GONÇALVES, D.; DUARTE MEDINA, R. O Uso de Tecnologias Health Integradas a IoT como Possibilidade para Aplicação em Ambientes Educacionais: uma revisão sistemática de literatura. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 255–265, 2021. DOI: 10.22456/1679-1916.110234. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/110234>. Acesso em: 25 jul. 2023.

Segurança para IoT: principais riscos e protocolos. Escola Superior de Redes, 2021. Disponível em: <https://esr.rnp.br/seguranca/seguranca-para-iot-riscos-e-protocolos/#:~:text=Esses%20problemas%20de%20segurança%20incluem,capacidade%20computacional%20para%20segurança%20integrada>. Acesso em: 26 jul. 2023.

## Estudo comparativo entre lajes quadradas maciças em função dos vãos com base na análise do aço e do concreto

Jonathan Jefferson de Castro Pinto

Lucas Morais de Souza

Olavo Ferreira Brito Júnior

### RESUMO

Comparam-se as lajes maciças em função do aumento dos vãos, levando em consideração uma análise do aço e do concreto encontrada em cada laje. Mostra a utilização de lajes maciças na antiguidade, onde se utilizava para pequenos vãos, e compara com a dos dias atuais, que pode ser utilizado para maiores vãos, pois houve uma grande evolução do aço e do concreto. Desta forma, pode se dizer se ainda é proveitoso trabalhar com esse tipo de laje ou se é melhor partir para outro sistema estrutural.

**Palavras-chave:** laje maciça. aço. concreto.

### ABSTRACT

The solid slabs are compared in function of the size of the gaps, considering an analysis of steel and concrete found in each slab. It shows how the solid slab were used a long time ago where they used in small gaps, and nowadays it can be used for bigger gaps because of the evolution of the steel and concrete, this way you can say if stills profitable to use the solid slab or another type of structural system

**Keywords:** solid slab. steel. concret.

### INTRODUÇÃO

De acordo com Farias (2010), as estruturas antigamente eram construídas sendo submetidas a cargas distribuídas e com vãos relativamente pequenos, adotando assim, as lajes maciças por terem uma redução de custo e tempo na hora da execução.

Atualmente, devido à evolução na área de ciência dos materiais, houve uma melhora tanto nas resistências do aço e do concreto como nos



métodos de cálculos estruturais, possibilitando assim, a redução das seções das peças estruturais, e a possibilidade de se trabalhar com vãos cada vez maiores.

De acordo com Costa (1997) a evolução do processo construtivo começa pela qualidade dos projetos, destacando-se o projeto estrutural. A estrutura de uma edificação corresponde a fase de maior custo total na construção, com cerca de 15% a 20% do custo total.

Albuquerque (1999) acrescenta que uma redução de 10% no custo do projeto estrutural, pode representar uma diminuição de cerca de 2% no custo total de uma edificação. Em termos práticos, esses 2% corresponderiam à execução de toda etapa de pintura ou a todos os serviços de movimento de terra, rodapés, soleiras, peitoris e coberta juntos. A escolha do tipo de laje é de grande importância, pois temos que levar em consideração sua influência no comportamento estrutural e econômico na obra.

Para Spohr (2008), enquanto as estruturas eram feitas com base em vãos relativamente pequenos e sujeitas apenas a cargas distribuídas, a utilização de lajes maciça não era problema. Porém, como os projetos arquitetônicos foram ficando cada vez mais ousados, utilizar lajes maciças foi ficando economicamente inviável, pois as lajes ficavam com espessuras cada vez maiores, o que tornava a laje mais cara. Desta forma, fica visível, que a procura por novos tipos de lajes é necessário.

As lajes podem ser de vários tamanhos e com métodos construtivos diferentes, mas nesse trabalho serão analisadas apenas as lajes maciças quadradas com as dimensões de 3X3, 5X5, 7X7 e 9X9 com apoios simples, cujas características serão tratadas mais adiante.

Para saber se a laje maciça realmente é inviável, foram feitos cálculos da laje, para termo em mãos seus dados de aço e concreto para todos os vãos, para assim, sabermos a melhor relação custo x benefício. Os resultados em relação ao consumo de aço e concreto referente aos diferentes vãos serão apresentados por meio de tabelas e gráficos comparativos, para assim dizer se ainda é viável fazer lajes maciças.

## **LAJES MACIÇAS**

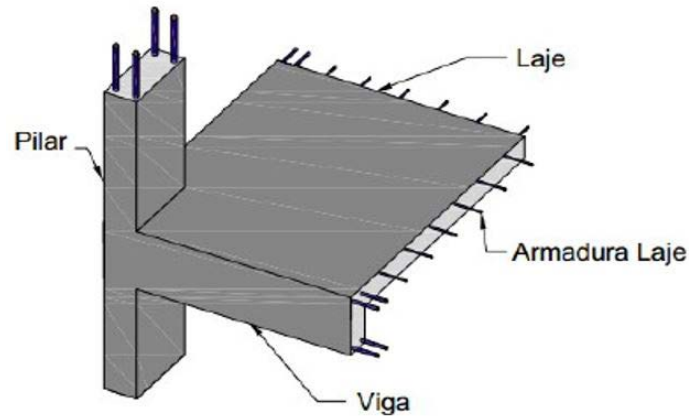
### **Características da laje maciça**

A laje maciça é um elemento plano, em geral horizontal, com duas dimensões relativamente maiores que a terceira, sendo esta denominada espessura. Tem como principal função receber os carregamentos atuantes no andar, provenientes do uso da construção, sendo elas: equipamentos; pessoas; móveis, e transferi-los para os apoios.

Segundo Araújo (2003), as lajes maciças são placas com espessura uniforme, apoiadas ao longo do seu contorno. Seus apoios podem ser constituídos por vigas ou por alvenarias, sendo este tipo de laje, predominante nas edificações com os vãos relativamente pequenos.

Franca (1997) fala que as lajes nos edifícios com vários pavimentos, correspondem por uma alta parcela de consumo de concreto. E nas lajes maciças, essa parcela chega em média a quase dois terços do volume total do concreto da estrutura.



**Figura 1 – Representação de um sistema estrutural com laje maciça.**

Fonte: Spohr, 2008.

**Figura 2 – Armadura da laje maciça.**

Fonte: Mailson Castelão de Carvalho - UEFS, (2012).

**Figura 3 – Laje maciça.**

Fonte: Mailson Castelão de Carvalho - UEFS, (2012).

## Vantagens

Carvalho e Pinheiro (2009) citam como vantagens a sua execução simples e rápida e o fato de apresentar pouca deformação e esforços relativamente pequenos. Podemos dizer também que em pequenos vãos, utilizando o método do estado limite último, a maior parte do concreto dessa laje pouco contribui na resistência à flexão, pois normalmente a linha neutra tem pequena profundidade, o que resulta em uma grande quantidade de concreto tracionado.

Para Franca e Fusco (1997), por mais que as lajes nos edifícios com vários pavimentos correspondam a ter uma elevada parcela de consumo de concreto, porém os múltiplos pórticos que surgem garantem uma boa rigidez ao sistema estrutural.

Albuquerque (1999) reforça que a existência de muitas vigas em uma laje formando pórticos, garante uma maior rigidez à estrutura de contraventamento.

Para Faria (2010) a laje maciça tem facilidade no lançamento e adensamento do concreto e tem possibilidade de descontinuidade em sua superfície.

Spohr (2008) lembra que por ser um dos sistemas muito utilizados nas construções de concreto, a mão-de-obra treinada facilita a execução da obra.

## Desvantagens

De acordo com o crescente aumento nos vãos e com as alvenarias sendo apoiadas diretamente sobre as lajes, a lajes maciças começam a ter um grande aumento em sua espessura o que leva a começar a ficar inviável economicamente. Dessa forma começam a surgir novos sistemas estruturais, tais como lajes nervuradas, pré-moldadas, protendidas, entre outras.

Albuquerque (1999) diz que pelo fato da laje ter uma grande quantidade de vigas, acarreta que a forma do pavimento seja muito recortada, fazendo com que diminua a produtividade da construção e que também o tempo de execução das formas e de desforma são muito grandes.

Para Faria (2010) a quantidade do consumo de concreto e aço para vãos maiores é grande.

Spohr (2008) informa que o consumo de formas e escoramentos é grande.

## Análise das lajes

Na hora de se analisar uma laje maciça existe vários métodos, como: grelha, elementos finitos e diferenças finitas, entre outros, mas neste trabalho iremos adotar o método com utilização de quadros.

Sabendo que a análise é a comparação de lajes quadradas maciças de dimensões 3x3; 5x5; 7x7 e 9x9 metros, e tendo como dados:

$f_{ck} = 30 \text{ Mpa};$

Aço Ca-50;

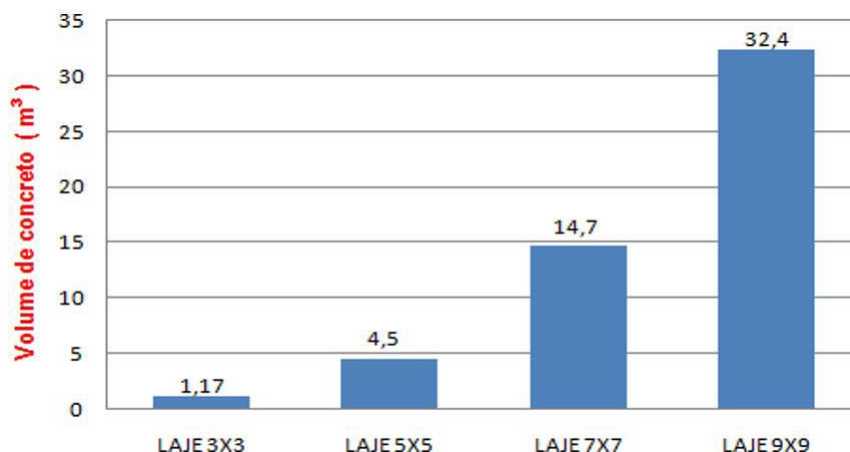
Viga 60 x 15 cm;

Contra piso = 2,5 cm;

Piso plástico = 0,3 KN/m<sup>2</sup>; Agressividade III

## Comparativo dos resultados

Depois de ter sido feito o cálculo das quatro lajes maciças, iremos compará-las, para isso, necessitamos comparar primeiro, o volume de concreto encontrado para cada laje, desta forma, iremos analisar o gráfico abaixo que mostra o volume de concreto para todos os vãos.

**Gráfico 1 – Análise do aumento de concreto com base no aumento do vão.**

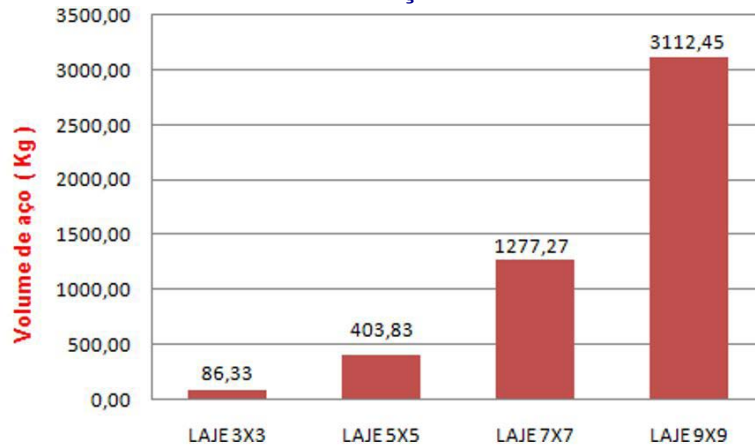
Fonte: Próprio autor, 2017.

O gráfico 1 mostra o aumento do volume de concreto a medida que os vãos das lajes estão crescendo. Na laje 3x3 temos que o volume total em metros cúbicos foi de 1,17, que quando comparado com a laje 5x5 que teve um volume de 4,5 m<sup>3</sup>, percebe-se que ocorreu um aumento de cerca de 284,61% no volume de concreto. Se prosseguirmos mais e compará-la com a de 7x7 que obteve o volume de 14,7 m<sup>3</sup>, percebemos que ocorreu um aumento ainda maior, no valor de 1156,41% a mais que a laje de 3x3. Já na laje de 9x9 o volume de concreto mais que duplicou da laje de 7x7, este foi para o volume de 32,4 m<sup>3</sup>, ou seja, teve um aumento de 2669,23% quando comparado com a laje de 3x3.

Podemos ver que a proporção com que o tamanho dos vãos cresce, não é a mesma com a que o volume de concreto aumenta. Temos que da mudança da laje de 3 para uma de 5 metros tivemos um aumento de 66,67%, já o aumento do concreto é de 284,61%, ou seja, 217,94% a mais, tornando esse aumento não linear. Dando continuidade ao aumento do vão, agora com 7 metros, temos um aumento de 133,33% em relação à laje de 3 metros, mas, com uma diferença de volume de cerca de 4,96 vezes maior. Aumentando ainda mais o vão, chegando agora aos 9 metros, ou seja, aumentando o vão em 3 vezes o seu valor, o que corresponde em porcentagem o aumento de 200%, obtendo seu volume de concreto aumentado em 2669,23%, ou seja, 2469,23% a mais.

Com esses valores, podemos perceber que à medida que os vãos crescem, o volume necessário de concreto cresce quase que exponencialmente, fazendo com que a altura (espessura) da laje fique maior, o que acaba deixando a laje maciça mais propensa a ser utilizada apenas para áreas de vãos pequenos, porque a partir do momento que esses vãos crescem, o valor da obra vai “lá pra cima”, ou seja, tornando a obra cara.

No gráfico 2 logo abaixo, iremos fazer a mesma comparação, só que agora, em vez de concreto, iremos analisar o aumento do volume de aço a medida que os vãos crescem.

**Gráfico 2 – Análise do aumento do aço com base no aumento do vão.**

Fonte: Próprio autor, 2017.

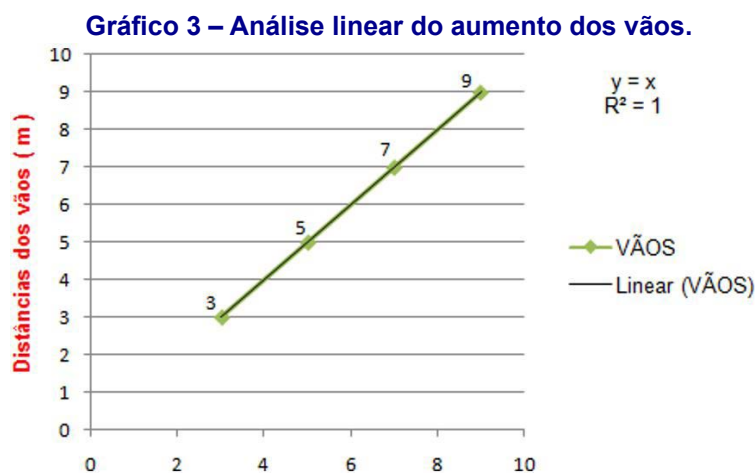
Da mesma forma como no gráfico 1, o gráfico 2 mostra que não ocorre linearidade entre o aumento dos vãos com o aumento do volume de aço. Temos que da laje 3x3 que tem carga de aço de 86,33 Kg, ocorre um aumento de 367,77% a mais, quando se aumenta para uma laje de 5x5 que tem uma carga de aço de 403,83 Kg. Agora, se aumentarmos para 7 metros, ocorre um aumento de 1379,52%, ou seja, teve um aumento de 1011,75% a mais que a comparação anterior, e quando mudamos para uma laje de 9x9, tem um aumento de volume de 3505,29% a mais que na laje de 3 metros.

Desta forma, à medida que os vãos crescem, tanto o aço como o concreto crescem não linearmente, tornando assim, a laje com uma altura muito grande, tornando inviável economicamente produzi-la para vãos grandes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do trabalho pode-se observar a importância de um estudo preliminar para a determinação da alternativa estrutural que mais se adéqua para o empreendimento que se pretender construir. Desta forma, para tentar tornar claro e compreensível os questionamentos a respeito da equiparação das estruturas, o presente trabalho veio realizar uma análise referente à construção de lajes maciças quadradas, tomando como referência a laje em função dos vãos com base no estudo do aço e do concreto.

Os gráficos 3, 4 e 5 abaixo vêm demonstrar os aspectos de linearidade e de não-linearidade que existem entre o crescente aumento dos vãos com o aumento do aço e do concreto.

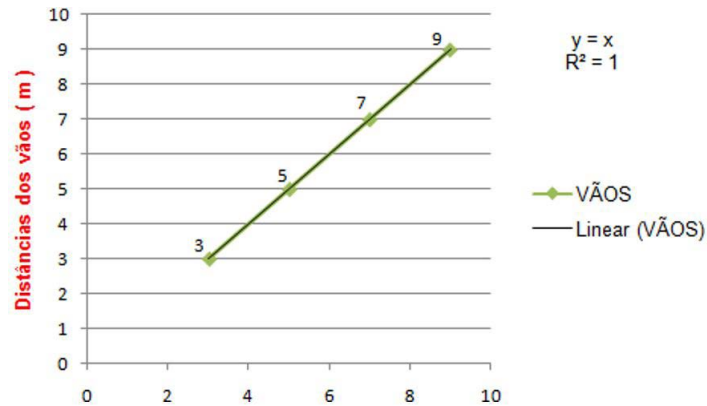


Fonte: Próprio autor, 2017.

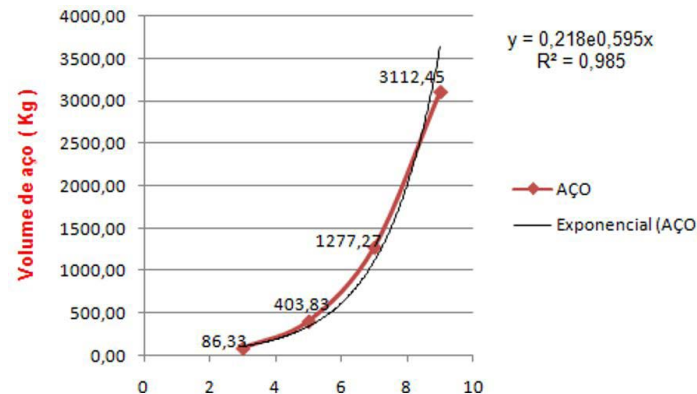
O gráfico 3 analisa o aumento dos vãos, e mostra que pela função  $y=x$ , que o aumento dos vãos é linear, ou seja é um valor que já se espera.

Já nos gráficos 4 e 5, que analisam o aumento dos vãos com o aumento do volume de concreto e aço, respectivamente, mostram que é uma função não-linear, pois apresenta uma função de segundo grau, podendo ser até considerada exponencial, pelo fato de ambas mostrarem que a partir do momento que se começa a crescer o vão, precisasse aumentar a espessura da laje, ou seja, temos que aumentar tanto a quantidade de concreto como a de aço para que essa laje consiga suportar as cargas que nela irão sofrer, mas ao contrario do que se mostra no gráfico 3, os gráficos 4 e 5 mostram que a diferença de crescimento tanto do concreto como do aço é exorbitante em comparação com o aumento dos vãos, para se ter uma ideia, quando comparamos a laje de 3x3 metros com a laje de 9x9 metros, a diferença entre os vãos é de 3 vezes o seu valor, que em porcentagem, corresponde um aumento de 200%, mas o aumento do volume de concreto foi de 2669,23%, ou seja, começou com 1,17 m<sup>3</sup> e terminou com 32,4 m<sup>3</sup>. Já para o aço, o aumento foi de 3505,29%, ou seja, começou com 86,33 Kg e terminou com 3112,45 Kg.

Desta forma, fica evidente que com os vãos analisados neste trabalho, que para a concepção de uma laje maciça quadrada, só convém sua utilização para lajes com pequenos vãos, pois mesmo ela tendo uma execução simples e rápida, apresentando pouca deformação e esforços relativamente pequenos e tendo uma mão-de-obra treinada que facilita a execução da obra, ela ainda consegue ser inviável, pois, conforme os vãos crescem, a espessura da laje se torna grande, ocasionando um gasto alto com concreto e aço, superando assim suas vantagens.

**Gráfico 4 – Análise não linear do aumento do concreto em função do aumento do vão.**

Fonte: Próprio autor, 2017.

**Gráfico 5 – Análise não linear do aumento do aço em função do aumento do vão.**

Fonte: Próprio autor, 2017.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. T. Análise de alternativas para edifícios em concreto armado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

ARAÚJO, J. M. Curso de concreto armado. 2. ed. Rio Grande: Dunas, 2003 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6118:2003

Projeto de estruturas de concreto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6120:1980

Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. Concreto armado eu te amo - Volume 2. 3ª Edição. São Paulo: Blucher, 2011.

CARVALHO, M. C. D. Análise comparativa estrutural e econômica entre as lajes maciça, nervurada treliçada e nervurada com cuba plástica em um edifício de 10 pavimentos Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana, 2012.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. D. F. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. 4º Ed. EdUFSCar – São Carlos, 2014

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. São Paulo: Pini v.2, 2009.

COMERCIAL GERDAU. Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.comercialgerdau.com.br/pt/productsservices/products/Document%20Gallery/catalogo-produtos-cg.pdf>>. Acesso em: 20 de nov. de 2017.

COSTA, O. V. Estudo de alternativas de projetos estruturais em concreto armado para uma mesma edificação. Dissertação (Mestrado) - UFC, 1997.

FARIA, M. P. Estruturas para Edifícios em concreto armado: Análise comparativa de soluções com lajes convencionais, lisas e nervuradas. Trabalho, 2010.

FRANCA, A.B.M.; FUSCO, P.B. As lajes nervuradas na moderna construção de edifícios. São Paulo: Afala & Abrapex, 1997.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. Lajes Maciças –

CAPÍTULO 11 USP - EESC - Departamento de Engenharia de Estruturas, 2010.

SPOHR, V. H. Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

## Estudo da metodologia BIM para compartilhização de projetos e gestão de obras

Jonathan Jefferson de Castro Pinto

Lucas Morais de Souza

Francisco Wallysson Paiva Magalhães

Olavo Ferreira Brito Júnior

### RESUMO

Com a modernização na área da construção civil, a busca por novas tecnologias que resolvam os problemas de compatibilização de projetos e gestão de obra é evidente, logo, o projeto vem com a problemática de melhorar este fato, com isso, utilizaremos o BIM para analisar a melhor forma de implantação de tal tecnologia para dar uma sinergia entre os projetos da obra e facilitar a gestão. Utilizando um projeto inicialmente criado nos softwares 2D e refeito sua modelagem 3D com ajuda do *Autodesk Revit* 2018 e analisado pelo *Autodesk Navisworks* 2018, podemos apresentar os benefícios reais para que ocorra substituição no atual sistema de gestão de projetos nas empresas.

**Palavras-chave:** BIM. compatibilização de projetos. modelagem 3D.

### ABSTRACT

With the modernization on the construction, and searching for new technologies that solve the problems of compatilization of projects and the construction management, to solve this problems we are going to use the BIM to analyze the best way of use this technology to give a synergy between the projects and to facilitate the management, using a project first made on 2d softwares and then redone the 3d modelling using AUTODES REVIT 2018 and analyzing through the AUTODES NAVISWORKS 2018, we can introduce the real benefits so a substitution on the actual system of projects management on companies.

**Keywords:** BIM. compatility of projects. 3d modelling.

### INTRODUÇÃO

Ao analisarmos o processo de construção de um empreendimento, é notável o quanto ele se torna fragmentado à medida que evolui baseado em documentações impressas no papel como forma de comunicação.





Documentos gerados com erros e omissões nas informações de projeto frequentemente causam custos adicionais, atrasos, retrabalhos, e eventuais ações judiciais entre várias partes da equipe do projeto (EASTMAN *et al.*, 2010).

Praticamente em toda Engenharia, há uma tradição que torna a realização de vários serviços da mesma maneira como eles têm sido feitos há décadas. Isso torna a evolução do processo lento, uma obra sem avanço tecnológico aplicado em busca de melhorias e agilidade de construção, o uso do computador, foi uma das maiores revoluções na Engenharia, tanto na área de projeto como na área de construção, mas a sua utilização pode ser melhorada, é onde iremos estudar a introdução do conceito de Modelagem da Informação e Construção conhecido como *Building Information Modeling* - BIM (PAPADOPOULOS *et al.*, 2014).

As ferramentas CAD (*Computer Aided Design*) surgiram para auxiliar nas diversas áreas da engenharia necessárias para construção de um empreendimento, tais como: análises estruturais, mecânica, orçamentárias entre outras. Com o surgimento do conceito de construção sustentável, as utilizações de ferramentas para análise ambiental têm se tornado cada vez mais comum. Esse tipo de ferramenta computacional é capaz de realizar análises para o melhor aproveitamento dos recursos naturais e racionalização do uso de materiais. Além disso, com os avanços na área de telecomunicações o trabalho a distância está cada vez mais comum acoplado às ferramentas CAD outros softwares gerenciadores que facilitam essa interação.

Essa mudança de paradigma e a evolução dos sistemas CAD e CAE (*Computer-Aided Engineering*) resultou no desenvolvimento dos sistemas de modelagem da informação da construção, BIM. Um dos principais problemas associados com a metodologia atual, baseada nos documentos 2D, é a dificuldade e a quantidade de tempo que se gasta para acessar uma informação de um projeto como, por exemplo, estimativas de custo, análises de eficiência energética, detalhes estruturais entre outros. A tecnologia de um programa que utiliza a metodologia BIM permite que o usuário combine objetos modelados em 3D com os desenhos em 2D (EASTMAN *et al.*, 2010).

Para que a metodologia BIM seja empregada no ambiente de trabalho é necessária uma plataforma que centralize as informações de projeto junto ao modelo 3D. Esse modelo deve também ser construído usando objetos que possuem dados paramétricos (além dos parâmetros de geometria, os objetos possuem outros atributos, obedecem a regras e possuem relações entre si) adicionando toda a inteligência necessária ao projeto. O resultado é referido neste trabalho como modelo paramétrico 3D. Através desse tipo de modelo é possível a realização de diversos tipos de análises. Toda a documentação de projeto é gerada automaticamente a partir de uma base de dados formada pelo modelo paramétrico 3D. Isso garante a consistência desses documentos e das informações associadas.

A metodologia BIM tem como objetivo principal a integração entre as diferentes disciplinas e fases do projeto com o auxílio das novas ferramentas computacionais de trabalho atualmente disponíveis no mercado. Essa metodologia de trabalho está aos poucos se tornando uma realidade. A evolução das ferramentas computacionais acontece à medida que o mercado as utiliza, demonstra novas necessidades. A necessidade de maior interoperabilidade e capacidade de um sistema informatizado se comunicar com outro sistema entre as ferramentas computacionais é um dos principais fatores que dificultam o

uso do BIM por completo.

Atualmente a metodologia BIM vem sendo aplicada em pontos específicos nos processos de engenharia, pois a sua aplicação ainda não está amadurecida o suficiente. Nos Estados Unidos e no Reino Unido, o BIM já está sendo muito usado nas empresas de AEC. No Brasil, no entanto, ainda existem poucos casos de uso e pouca documentação.

Pesquisas anteriores mostraram que a tecnologia BIM está sendo adotada de forma mais lenta na indústria de AEC do que quando as primeiras ferramentas de CAD 2D chegaram ao mercado. As ferramentas BIM necessitam da cooperação das diversas equipes envolvidas no mesmo empreendimento que precisam desenvolver práticas de trabalho interoperáveis. Vale ressaltar que essas equipes normalmente pertencem a diferentes empresas e tipicamente possuem práticas de trabalho diferentes e usam programas de computador diferentes, o que dificulta as práticas inter organizacionais. Dessa forma, é evidente a necessidade da interoperabilidade e da adoção de novas práticas de trabalho para que as novas tecnologias possam ser efetivas. Isso explica as dificuldades em se adotar as ferramentas BIM quando comparado aos tempos da adoção do CAD 2D (TAYLOR E BERNSTEIN, 2009).

O BIM tem o potencial necessário para mudar a maneira de como a construção é realizada e documentada e pode se tornar eventualmente a principal fonte de informações para o gerenciamento e planejamento de um empreendimento.

Pesquisas futuras serão necessárias para desenvolver métodos de medição do valor do BIM na construção (GOEDERT E MEADATI, 2008).

Com a implementação de pesquisas envolvendo estudos da metodologia BIM, haverá fundamentos científicos para o aprimoramento das especificações e padrões para que os fornecedores de programas informatizados aprimorem suas ferramentas computacionais e se adéquem às necessidades do mercado. Toda a parte legislativa também deverá se adequar ao mercado de forma a eventualmente reconhecer o modelo paramétrico 3D como documentação legal. Com o avanço das pesquisas, cada vez mais as empresas reconhecerão os benefícios do BIM e perceberão que é um caminho inevitável para atender ao mercado futuro, onde as construções se tornam cada vez mais complexas. Com a interoperabilidade e utilização de diversas ferramentas de análises que a metodologia BIM propõe, a nova metodologia será fundamental para a evolução da arquitetura e engenharia civil.

## A FASE DE PROJETOS

Para a elaboração de um projeto de edifício, são verificadas diversas etapas, todas elas dependente de um profissional que interagem com o mesmo objetivo. O processo de elaboração de projetos ainda é desvalorizado, resultando em projetos entregue no decorrer da obra, custos gerados devido ao tempo mínimo onde o profissional não consegue executar todas as verificações de execução, muitas das vezes entregando projetos incompletos ou pouco compatíveis com o acervo existente.

O resultado são prazos maiores e custos elevados. Ao contrário do Brasil, muitos

países valorizam bastante a fase de projetos, atingindo objetivos calculados, diminuindo os problemas encontrados, uma forma de aperfeiçoamento da tecnologia defasada, aplicando o conceito de que um projeto deve ser levado a risca, onde o objetivo deve ser a concretização do produto final. Em função disso os projetos devem ser considerados os elementos fundamentais para a geração de um empreendimento.

Para Melhado (1994), o papel do projeto é desenvolver, organizar, registrar e transmitir as características técnicas e volumétricas do produto para serem utilizadas em sua execução. É uma representação das características do edifício e seus processos construtivos que serão interpretados na fase de construção (GOES, 2011).

Porém, o que ocorre é uma frequente dissociação entre a atividade de projeto e a de construção, sendo que o projeto geralmente é entendido como instrumento, comprimindo-se o seu prazo e custo, com um aprofundamento mínimo com um conteúdo quase que meramente legal, a ponto de torná-lo simplesmente indicativo e postergando-se grande parte das decisões para a etapa de obra (MELHADO; VIOLANI, 1992).

Segundo Melhado (2005), o projeto na fase inicial de um empreendimento tem que ser priorizado, mesmo que necessário um maior investimento inicial e um tempo maior para a sua elaboração, pois é com um projeto bem feito que se evita maior custo mensal no empreendimento.

**Figura 1 – Capacidade de influenciar os custos do empreendimento ao longo das fases.**



Fonte: CII, 1987.

## A compatibilização de projetos

Com o aumento do setor imobiliário, os especialistas de projeto começaram a evoluir em diferentes seguimentos daqueles o qual já dominavam, permitindo-os conhecer todas as condicionantes para o desenvolvimento de uma edificação completa. A princípio deu certo, com o conhecimento geral, os especialistas eram capazes de coordenar todos os projetos complementares, porém com o passar do tempo esse conhecimento generalizado foi se perdendo e os profissionais cada vez mais se especializando em áreas distintas, distanciando-os dos sistemas por eles projetados. Como consequência, os projetos passaram a apresentar incompatibilidades que só eram perceptíveis na obra.

Esse problema só foi descoberto em meados dos anos 80, empresas surgiam com

a necessidade de compatibilizar projetos, demandando uma segunda etapa. A informação inserida no projeto básico não era suficiente para execução do empreendimento necessitando uma revisão entre todas as partes para tornar possível a construção do modelo.

Para Mikaldo Jr. (2006), um dos principais motivos que fizeram surgir a necessidade de coordenar e compatibilizar projetos foi a separação conceitual entre as atividades de projeto e de execução ao longo das últimas décadas.

Melhado (2005) conclui que o processo de projeto tradicional segmenta as diversas disciplinas que geram um produto final, onde os agentes produtores trabalham apenas dentro de suas respectivas especialidades, não atentando para a visão macro do desenvolvimento do produto e seus impactos nas diversas disciplinas, resultando um produto final com baixa qualidade.

Sousa (2010) afirma que a compatibilização de projetos, tem sido considerada como a melhor abordagem para resolver com sucesso os problemas de fragmentação do sub-setor de edificações, reduzindo assim um dos seus principais problemas: as interferências físicas, perdas de funcionalidade e recursos decorrentes de incompatibilidades de projetos. Esta abordagem atenta para o uso de meios para gerenciar e manipular dados, tanto geométricos quanto não geométricos, facilitando o processo de construção através de um processo integrado.

Assim, passou-se a trabalhar o conceito de compatibilização como uma atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, buscando o aperfeiçoamento do ajuste entre os mesmos e alcançando padrões de controle de qualidade total de determinada obra (SINDUSCON-PR, 1995 *apud* MIKALDO JR., 2006).

Dessa forma, a compatibilização de projetos é a atividade que integra todos os projetos de uma edificação buscando o ajuste perfeito entre eles para garantir um padrão de qualidade final à obra. Esse processo é realizado através da sobreposição dos diferentes projetos, verificando-se possíveis interferências e problemas, devendo ser realizada após a finalização de cada etapa de projeto (MELHADO, 2005).

De acordo com Lockhart e Johnson (2000), o processo de compatibilização corresponde à iteração entre refinamento e análise. Este processo é dinâmico e cíclico, repetindo-se desde as fases iniciais até as finais, de modo que a compatibilização é parte intrínseca do desenvolvimento de projetos. Novaes (1998) também concorda que a compatibilização deva ocorrer em todas as etapas do projeto, constituindo um importante fator de melhoria da construtibilidade e da racionalização devido à integração dos diversos agentes e disciplinas dentro do projeto.

## **Tecnologia BIM**

De acordo com Kowaltowski (2006) os avanços globais e as relações sociais influenciaram no desenvolvimento do projeto arquitetônico mundial. As novas ferramentas desse mundo globalizado aumentaram a complexidade dos projetos e levantaram novas questões, como a exigência da qualidade ambiental das construções de grande porte.

A tecnologia, aplicada a esse segmento sempre favoreceu a competitividade,

migrando os desenhos realizados em pranchetas com régua “T” para o computador, diminuindo o tempo gasto com o projeto. Algum tempo depois isso passou a ser insuficiente e então a tecnologia mais uma vez se mostra em frequente evolução apresentando um sistema de modelagem que permitia visualizações em 3D (NUNES, 2013).

Os estudos volumétricos, em etapa projetual, servem para uma avaliação formal do projeto, verificando as interferências técnicas, como as superfícies de cobertura, por exemplo. Assim, o desenvolvimento de maquetes eletrônicas tornou-se uma importante ferramenta para melhorar a compreensão do sistema criado e das interferências que possam surgir (KOWALTOWSKI, 2006).

Os primeiros programas a utilizarem a tecnologia BIM surgiram com o intuito de melhorar essa dinâmica de apresentação, os projetos arquitetônicos evoluíram, e essa nova forma de representar uma edificação a ser construída, unindo novas tecnologias e técnicas gerenciais, marca a difusão da engenharia simultânea.

A dificuldade encontrada à implantação do novo sistema, ainda é a forma de integrar as partes. São muitos softwares que oferecem o dinamismo que a tecnologia BIM apresenta, porém a utilização simultânea entre diferentes programas computacionais que são as ferramentas de trabalho dos projetistas ainda é um empecilho.

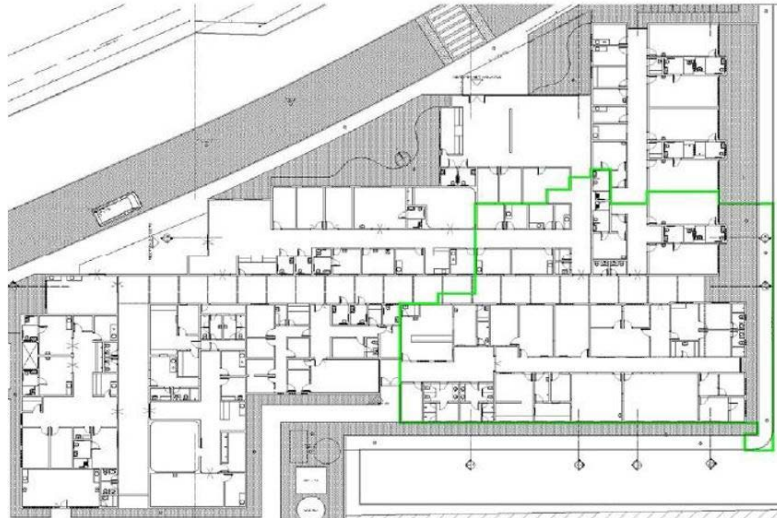
Por outro lado os escritórios que já dominam a técnica estão transformando o conhecimento em vantagem competitiva. O BIM também está modificando a forma de pensar o projeto e planejar prazos e custos, uma vez que as fases mudaram. As primeiras etapas demoram mais, pois o BIM demanda a alimentação das informações. Já os detalhes são executados com mais rapidez. A adoção ou não do BIM, depende do tipo de projeto e de resultado que se deseja naquela fase. Conforme a etapa pode ser mais vantajoso e rápido usar outro programa. Mas pensando que o projeto pode ter continuidade, a escolha recai para a tecnologia BIM.

## Estudo de caso

Para o estudo de caso apresentado nesse trabalho, foram analisados os softwares ao alcance para desenvolvimento do estudo. Uma vez que a metodologia BIM defende a rapidez e agilidade do processo de elaboração, trazendo os benefícios para o empreendimento, a remodelagem das disciplinas no BIM, não condiz com o que a plataforma oferece, ou seja, ao invés de ter um ganho no tempo de elaboração e análise, o cliente ao contratar esse tipo de serviço paga por um retrabalho, demandando mais tempo.

O objetivo principal é descrever o gerenciamento de um empreendimento utilizando a metodologia BIM. O desenvolvimento dos arquivos tridimensionais seguiu as etapas utilizando os arquivos em 2D e o processo construtivo para gerar o arquivo parametrizado, utilizando a ferramenta *Autodesk Revit 2018*.

O projeto utilizado nesse estudo é a primeira etapa do Hospital Municipal de Campos Sales – CE, que abrange parte do complexo conforme figura 2.

**Figura 2 – Planta baixa do hospital de Campos Sales com ênfase na primeira etapa.**

Fonte: Adaptado de Quopa assessoria, 2017.

O escritório responsável pelo projeto, não realizou a compatibilização, por isso não há como no caso de Góes (2011), um arquivo de compatibilização para se comparar. O intuito desse estudo é mostrar como o BIM pode ser favorável à etapa de compatibilização e gestão da obra, auxiliando o coordenador de projetos, quando este esteja envolvido, ou os demais profissionais no processo de projeto, no gerenciamento e documentação do projeto.

O projeto de estudo foi cedido pela Quopa Assessoria, de Fortaleza (CE), que autorizou a utilização do mesmo para este Estudo. O desenvolvimento do estudo de caso se deu em duas etapas, buscando, em cada uma delas, caracterizar o BIM e sua atuação.

Na primeira etapa, foram desenvolvidos os modelos tridimensionais das disciplinas escolhidas para a compatibilização para assim ser possível gerar a análise de compatibilidade entre elas.

Na segunda etapa, foi analisado o modelo e anexado as tarefas de execução da obra para conseguirmos mostrar o acompanhamento da construção.

## Interferências detectadas

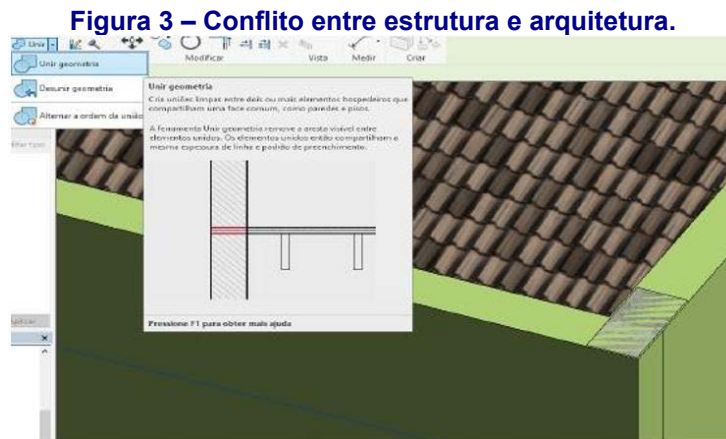
Os projetos foram compatibilizados seguindo as orientações da matriz de verificação. Após escolher e interpolar as disciplinas e elementos, o programa gerou um relatório de erros, que foram analisados um a um. Apesar do programa disponibilizar a ferramenta de detecção de conflitos, muitos desses podem ser identificados durante a modelagem e já na importação de links de outras disciplinas.

Isso porque o processo de projeto por modelagem tridimensional permite que a edificação seja vista por outras perspectivas que facilitam a visualização. O que foi verificado em todas as instâncias do processo de compatibilização, é que a maioria dos erros gerados automaticamente pelo programa era referente a erros no momento da modelagem, seja por inexperiência ou descuido, e falha de conexão entre elementos.

O processo de modelagem requer uma atenção a mais, pois muitas informações

importantes não estão disponíveis e precisam ser levantadas. O fato de se partir de um projeto já elaborado bidimensionalmente dificulta essa perspectiva. A mudança para o desenvolvimento de projetos direto na plataforma BIM, deve melhorar esse processo, pois as informações serão mais precisas.

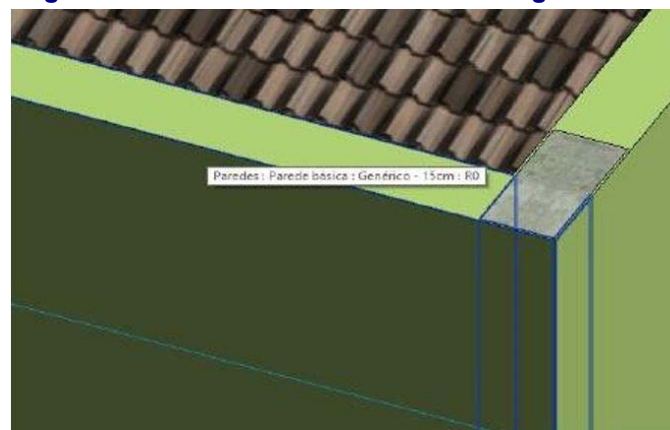
É importante ressaltar que a avaliação foi realizada somente em cima de elementos sólidos, excluindo-se a incompatibilidade entre desenhos, símbolos padrões e outros quesitos levados em consideração no processo tradicional de compatibilização. Esses devem sim ser levados em consideração, pois acarretam problemas de execução com a leitura errada das informações, porém não foram consideradas como objeto de estudo nesse trabalho.



Fonte: Próprio autor, (2017).

Conforme figura 3 é possível visualizar o erro de incompatibilidade mais comum encontrado, por estarmos cruzando os resultados apenas entre arquitetura, estrutura e instalações de água fria, os problemas de conflitos são comuns, porém vale ressaltar que o complexo hospitalar conta com diversas disciplinas podendo haver diversos problemas entre elas. Para corrigir os erros de sobreposição, basta utilizar a ferramenta unir geometria selecionando primeiro o objeto a ser cortado seguindo do objeto que irá cortar. Ficando assim a volumetria da parede agora alterada fazendo o contorno no pilar reduzindo e fidelizando os valores de área e metro linear dos serviços.

**Figura 4 – Resultado da ferramenta unir geometria.**



Fonte: Próprio autor, (2017).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido inicialmente levantou o processo de compatibilização, evidenciando que os modelos tradicionais baseados em sobreposição dos projetos, são falhos e demandam muito tempo para ser analisado. Nessa fase também foi possível identificar alguns pontos que pesam a favor e contra a utilização do BIM como ferramenta de projeto, confirmadas após o estudo de caso. O primeiro deles é referente à capacidade de processamento e armazenagem muito maior, exigindo máquinas mais caras e potentes, o que dificulta sua utilização por qualquer estudante ou profissional. O segundo ponto é quanto aos softwares que suportam a tecnologia BIM, que em sua maioria são caros e difíceis de aprender sem ajuda de um profissional. O Revit, por exemplo, disponibiliza tutoriais incompletos e de difícil compreensão, o que força os interessados a pagar pelo serviço de capacitação oferecido pela empresa. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi necessário o aprendizado de um software que contemplasse a metodologia BIM. Foi escolhido o software Revit, da Autodesk e como forma de aprendizado foram consultados além de livros, comunidades de sites de relacionamento. O que foi possível perceber com a participação desses grupos é que a maioria dos integrantes não tem ideia clara do que é o BIM e utiliza o software apenas na sua forma mais básica, que é o desenvolvimento de maquetes eletrônicas. Quando o projeto passou para a fase de desenvolvimento dos modelos de estrutura e elétrico a dificuldade em encontrar integrantes que tivessem conhecimento dessa parte foi maior, já que o foco principal nesses grupos é o software de arquitetura. Pode-se concluir que a tecnologia está sendo mais utilizada como ferramenta de desenho dentro dos escritórios de arquitetura, não interagindo com as outras disciplinas ligadas à produção do edifício.

Esse estudo aponta também para a necessidade de adequação das grades curriculares dos cursos de Engenharia e Arquitetura, com investimentos no processo de capacitação de seus alunos, contemplando disciplinas que ensinem o conceito BIM. A inadequação por parte de alguns softwares às normas brasileiras, também é vista como empecilho e pode justificar a dificuldade de implantação nos escritórios de engenharia.

Buscou-se nesse trabalho avaliar a potencialidade da metodologia BIM como ferramenta de compatibilização de projetos, apresentando o processo de projeto dentro um software BIM e as incompatibilidades encontradas, além de levantar possíveis motivos que dificultem a adoção do BIM pelas empresas e profissionais.

O trabalho de modelagem foi considerado rápido devido à experiência do projetista e do alto desempenho dos computadores utilizados. Dessa forma, o objetivo proposto foi alcançado através do estudo de caso, onde as incompatibilidades encontradas, mesmo sendo poucas, contribuíram positivamente para esse resultado, assim como a experiência de integração com a gestão da obra, assim expondo a facilidade como um programa com interface BIM pode detectar interferências entre diferentes projetos e adicionar uma ferramenta extra de gestão e acompanhamento da obra.

Avalia-se essa metodologia como positiva para a construção civil, visando um futuro onde todos os profissionais estejam adaptados a trabalhar com a mesma. O alto custo dos softwares e treinamentos também deve ser amenizado com o tempo, à medida que esse



sistema se popularize entre esses profissionais.

O BIM também pode ser apontado como ferramenta para diminuir o tempo gasto no projeto, seja na elaboração inicial, quanto nos retrabalhos. Isso porque, além de detectar as interferências já no início, facilita a correção dos desenhos finais. Além disso, auxilia não só na compatibilização, mas em todas as etapas do desenvolvimento da edificação, desde o seu projeto, até a geração de quantitativos, orçamentos, gerenciamento das etapas de construção, organização do canteiro de obras, entre outras características que só somam para a qualidade final da edificação.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M., RUSCHEL, R. INTEROPERABILIDADE DE APLICATIVOS BIM USADOS EM ARQUITETURA POR MEIO DO FORMATO IFC. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, Vol. 4 No. 2, p. 76-111, São Carlos, 2010.
- AUTODESK. *Building Information Modeling*. Autodesk Building Industry Solutions, 2002.
- AUTODESK. *Revit structure 2015. User's Guide*. Autodesk, 2014.
- AUTODESK. *User's Guide*. Autodesk Navisworks manage 2017. Autodesk, 2016.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *Bim Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2º Ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.
- GOEDERT, J. D.; MEADATI, P. Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling. *Journal of Construction Engineering and management*, Vol. 134 No. 7, 2008.
- TAYLOR, J. E.; BERNSTEIN, P. G. Paradigm Trajectories of building information modeling practice in Project networks. *Journal of Management in Engineering*, Vol. 25, No. 2, 2009.
- COSTA, E. N. *Avaliação da Metodologia BIM para a Compatibilização de Projetos*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto: Ouro Preto, 2013.
- GOES, R. H.; SANTOS, E. T. Compatibilização de projetos: comparação entre o BIM e o CAD 2D. In: *TIC 2011: 5º Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação da Construção Civil*. Salvador, 2011.
- MIKALDO JR., J. *Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de T.I.* Dissertação de Mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2006.
- SOUSA, F. J. *Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares - estudo de caso*. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco: Recife, 2010.
- MALHEIROS, P. V. L. *Utilização da Modelagem 4D no Planejamento e Acompanhamento de Obras*. Monografia. Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2014.

Papadopoulos, K., Paralikas, T., Barouti, M., & Chronopoulou, E. (2014). Self-esteem, Locus of Control and Various Aspects of Psychopathology of Adults with Visual Impairments. *International Journal of Disability, Development and Education*, 61(4), 403-415.

MELHADO, S.B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. São Paulo: 1994. 294p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GÓES, Adriana Ramos Silva. Desmistificando a Atuação do Intérprete de LIBRAS na Inclusão, Edição 09 – 2.- Revista Editora Arara Azul 2011 Disponível em: <http://editoraarara-azul.com.br/site/edicao/46> Acesso 15 dez 2020.

MELHADO, S. B., VIOLANI, M. A. F. A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios. São Paulo. Texto Técnico. TT/PCC/02 EPUSP, 1992

LOCKHART, S. D.; JOHNSON, C. M. Engineering design communication: conveying design through graphics. USA: Prentice-Hall, 2000. 719p.

NOVAES, R. Pequeno histórico do surgimento da Fisioterapia no Brasil. Texto utilizado no curso de graduação em Fisioterapia, da UNISANTA, pela disciplina História da Fisioterapia e Ética, em 1998.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. *et al.* Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 7-19, abr./jun. 2006.

# Modelagem Cinemática, Planejamento e Geração de Trajetória para um Robô Modelo SCARA através de Aplicativo para Análise Gráfica

## *Kinematic Modeling, Planning and Trajectory Generation for a SCARA Robot using Graphical Analysis Application*

**Flávio Luiz Rossini**

*Doutor em Engenharia Elétrica/FEEC/UNICAMP. Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Endereço: R. Rosalina Maria Ferreira, 1233, Vila Carolo, Campo Mourão/PR, Brasil, 87301-899*

**Leonardo de Melo Abreu**

*Bacharel em Engenharia Eletrônica/Departamento Acadêmico de Engenharia Eletrônica – DAELN. Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Endereço: R. Rosalina Maria Ferreira, 1233 - Vila Carolo, Campo Mourão/PR, Brasil, 87301-899*

**Luiz Fernando Pinto de Oliveira**

*Mestre em Engenharia Elétrica/Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – FEEC*

*Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Endereço: Cidade Universitária Zeferino Vaz – Barão Geraldo, Campinas/SP, Brasil, 13083-970*

### RESUMO

O estudo apresenta a modelagem cinemática direta e inversa, além do planejamento e geração de trajetória de robôs SCARA (do inglês, *Selective Compliance Articulated Robot*). Os robôs tipo SCARA são compactos e desenvolvem movimentos rápidos, esses são alguns dos principais atrativos e motiva sua aplicação na indústria 4.0. Propôs-se o desenvolvimento de um aplicativo capaz de apresentar graficamente os resultados dessas modelagens matemáticas. O objetivo principal desse estudo é contribuir com estudantes e profissionais que trabalham com robôs manipuladores SCARA, quanto ao desenvolvimento de programações *off-line* da estação de trabalho. O aplicativo elaborado apresentou resultados consistentes tanto na realização dos cálculos quanto no planejamento e na geração de trajetórias, o que evidencia sua viabilidade para ser utilizado em ambientes educacionais e profissionais.

**Palavras-chave:** desenvolvimento de aplicativo. modelagem cinemática. geração de trajetória. robôs manipuladores tipo SCARA.



## ABSTRACT

The study presents direct and inverse kinematic modeling, as well as planning and trajectory generation of SCARA (Selective Compliance Articulated Robot) robots. SCARA-type robots are compact and develop fast movements, these are some of the main attractions and motivate their application in Industry 4.0. It was proposed to develop an application capable of graphically presenting the results of these mathematical models. The main objective of this study is to contribute with students and professionals who work with SCARA manipulator robots, regarding the development of offline workstation programs. The developed application presented consistent results both in the calculations and in the planning and generation of trajectories, which demonstrates its viability to be used in educational and professional environments.

**Keywords:** application development. kinematic modeling. trajectory generation. SCARA-type manipulator robots.

## INTRODUÇÃO

Com o avanço das tecnologias, a indústria tem sido beneficiada com o surgimento de diversas inovações, como o uso de robôs na automação de processos. Entre os robôs mais utilizados na indústria, estão os SCARA, que possuem duas juntas rotativas paralelas e uma junta prismática (ROSSINI, 2014), (MARTINES *et al.*, 2015), (FUDOLI *et al.*, 2016), (SANCHES; ROSSINI, 2016), (ABREU; ROSSINI; OLIVEIRA, 2022), (ROSSINI *et al.*, 2022), (LIMA *et al.*, 2023), (ROSSINI *et al.*, 2023a), (ROSSINI *et al.*, 2023b). De acordo com Craig (2009), as vantagens do robô SCARA são: as juntas rotativas não precisam suportar o peso do manipulador e da carga, seus atuadores podem ser suficientemente grandes e possuem rapidez de movimentos.

No contexto da Indústria 4.0, busca-se a integração de técnicas e algoritmos para aprimorar o desempenho dos manipuladores robóticos. Nesse sentido, fazer uso do software MATLAB® R2021a para realizar modelagens matemáticas e implementar essas modelagens, como o objetivo de projetar um aplicativo para gerar representações gráficas dos resultados (CHICHANOSKI *et al.*, 2015), (PENHA *et al.*, 2016), (OLIVEIRA *et al.*, 2020), (SANTOS; ROSSINI, 2016), (SOUZA *et al.*, 2023).

Com o intuito de analisar e inferir sobre os resultados obtidos com as modelagens matemáticas de robôs. Segundo Oliveira e Rossini (2018), a simulação computacional é uma ferramenta importante para o planejamento e controle de trajetória de robôs manipuladores. Dessa forma, a modelagem matemática e a simulação computacional são propulsores do aprimoramento e controle de processos fabris, assim como de otimização dos recursos na indústria, sendo ferramentas essenciais de análise para a Indústria 4.0 (ROSSINI, 2020), (CANHAN; BROLIN; ROSSINI, 2022a, 2022b, 2023a, 2023b), (COLDEBELLA; BROLIN; ROSSINI, 2022a, 2022b), (DONDA; ROSSINI, 2022a, 2022b), (COLDEBELLA; ROSSINI, 2023a, 2023b).

## ROBÔ SCARA

Os robôs SCARA são amplamente utilizados em aplicações industriais devido às suas características de alta velocidade, precisão e flexibilidade. Eles consistem em dois braços articulados, que permitem que o robô se mova em um plano horizontal e vertical, e um braço prismático, que permite que o robô se mova para cima e para baixo, com ou graus de liberdade. Essa configuração mecânica permite que os robôs SCARA executem tarefas complexas em ambientes de manufatura, como montagem, soldagem e embalagem (FENERICK; VOLANTE, 2020).

Além disso, a flexibilidade dos robôs SCARA também os torna adequados para aplicações de montagem eletrônica, como o posicionamento de componentes em placas de circuito impresso. O uso de robôs SCARA nessa área pode melhorar significativamente a produtividade e a precisão da montagem, além de reduzir o tempo de ciclo e a quantidade de sucata (KUMAR *et al.*, 2021).

Com o avanço das tecnologias de controle e visão computacional, os robôs SCARA vem sendo aplicados em ambientes de inspeção e teste. Eles podem ser equipados com sensores para detectar defeitos em produtos, como rachaduras, vazamentos e irregularidades na superfície, permitindo que a qualidade seja verificada de forma mais rápida e precisa do que com inspeção manual (SARIKAYA; KIVRAK, 2019).

No estudo cinemático em questão, foi escolhido o robô SCARA do modelo SR - 6iA, como ilustrado na Figura 1(a). A Figura 1(b) exibe uma representação esquemática do robô, além do seu espaço de trabalho, destacado por linhas cruzadas, que apresenta as posições angulares da primeira e segunda juntas,  $\theta_1$  e  $\theta_2$ , e a posição linear da junta prismática,  $d_3$ .

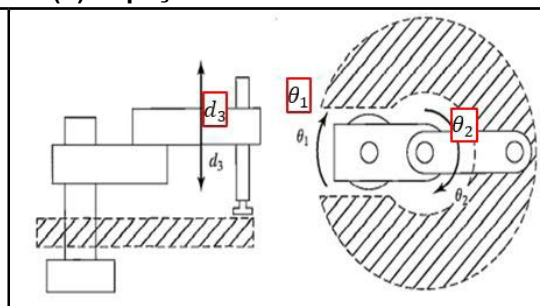
**Figura 1 - Robô SCARA modelo SR – 6iA fabricado pela FANUC.**

(a) Vista do robô SR – 6iA



Fonte: FANUC (2022).

(b) Espaço de trabalho do robô 2RP



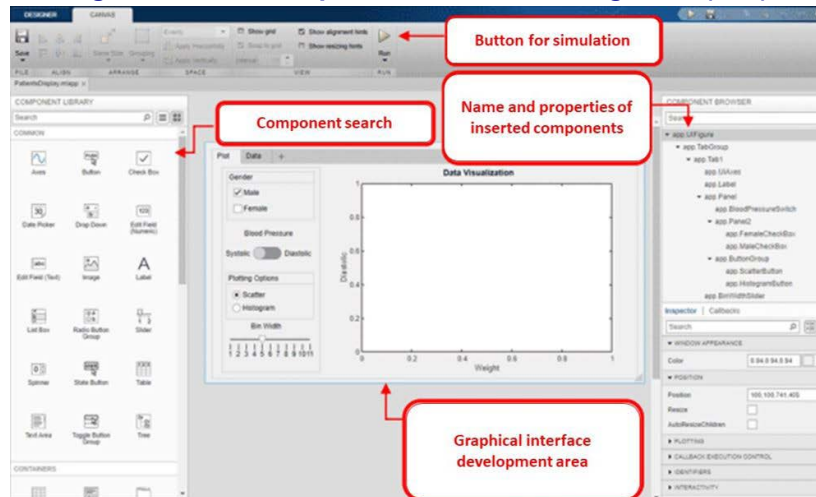
Fonte: adaptado de Craig (2009).

### App Designer

O *App Designer* é uma ferramenta de desenvolvimento de aplicativos inclusa no ambiente MATLAB® que permite a criação de interfaces gráficas de usuário e codificação da lógica da aplicação em um único ambiente integrado (YILDIZ, 2020). Essa ferramenta é projetada para auxiliar no desenvolvimento de aplicativos para execução em computadores ou servidores web, que oferecem diversas funcionalidades, como a inserção de componentes visuais e a criação de eventos para interação do usuário com o aplicativo (KUMAR, 2019), (PAWELSKI; SILVA JUNIOR; ROSSINI, 2021, 2022), (PAWELSKI; ROSSINI; COLDEBELLA, 2022), (DONDA; ROSSINI; SOUZA; GARCIA, 2021, 2022).

A área de desenvolvimento de interface gráfica do App Designer é composta por um editor de layout, onde é possível adicionar e posicionar componentes visuais, e uma janela de propriedades, que permite a configuração dos parâmetros desses componentes (WILSON, 2017). Além disso, o App Designer oferece uma ampla gama de componentes prontos para uso, como botões, caixas de texto, tabelas e gráficos, que podem ser facilmente adicionados à interface do aplicativo, como pode ser observado na Figura 2.

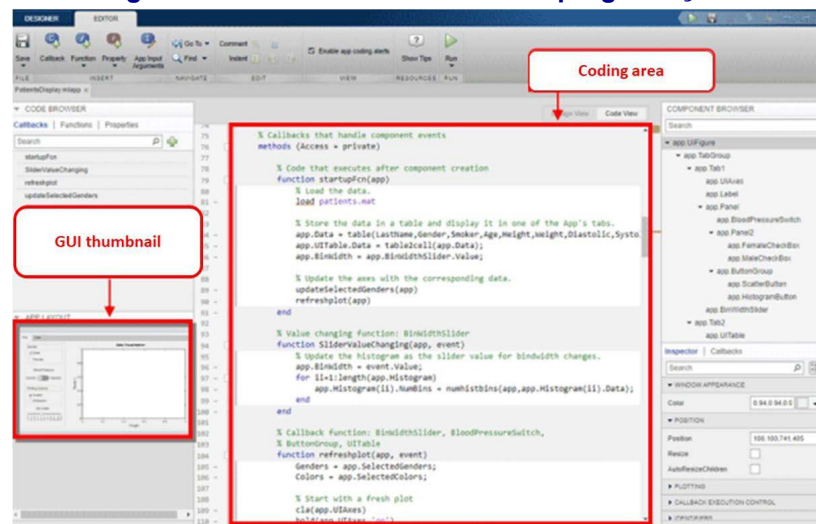
**Figura 2 – Interface para desenvolvimento gráfico (GUI)**



Fonte: adaptado de Mathworks (2022).

Já a área de codificação da lógica da aplicação permite a implementação de algoritmos e rotinas para o processamento dos dados inseridos pelo usuário na interface gráfica. É possível escrever códigos em MATLAB® diretamente no App Designer, dessa forma são criadas as funções de retorno de eventos ou funções de callback para componentes específicos (KUMAR, 2019). A área de codificação pode ser observada na Figura 3.

**Figura 3 – Interface do ambiente de programação.**



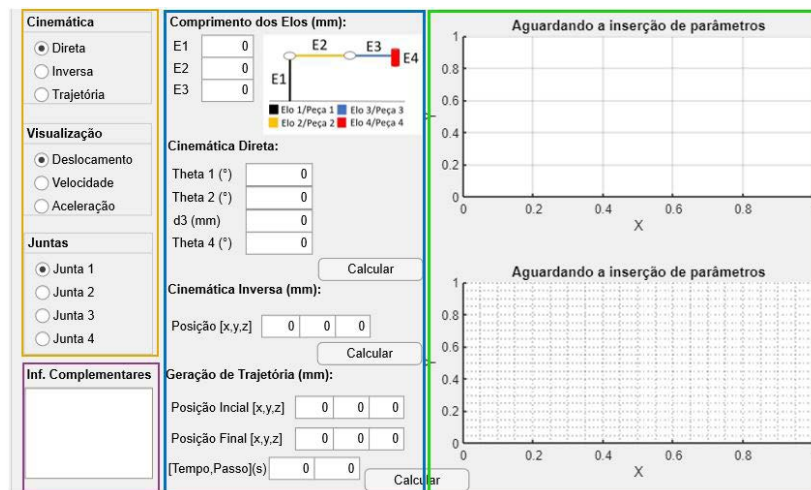
Fonte: adaptado de Mathworks (2022).

Em resumo, o *App Designer* é uma ferramenta poderosa e intuitiva para o desenvolvimento de aplicativos em MATLAB®, a qual permite a criação de interfaces gráficas interativas e a implementação de lógica de programação em um único ambiente integrado (YILDIZ, 2020).

Na Figura 4, tem-se a imagem da interface do aplicativo resultante deste trabalho. Na Figura 4, apresentou-se um retângulo amarelo à esquerda, o qual destaca a área de visualização, onde o usuário pode escolher o tipo de análise. No centro, há um retângulo azul que contém o módulo de inserção de dados, onde o usuário preenche os campos de acordo com as especificações do robô em análise. À direita, dentro do retângulo verde, existem dois gráficos que mudam de acordo com a cinemática selecionada. O primeiro gráfico, localizado no canto superior direito, é responsável pela geração da imagem isométrica em 2D e 3D do robô, de acordo com as escolhas da cinemática. O segundo gráfico, situado no canto inferior direito, representa as respostas das juntas relacionadas à geração da trajetória ao exibir gráficos de posição, velocidade e aceleração para cada junta, em 2D.

Logo abaixo do retângulo em amarelo, está o retângulo roxo, nesse contém uma caixa de texto denominada “Inf. Complementares”. A função desta caixa de texto é fornecer os valores de posição final do efetuador após o cálculo da cinemática direta. Para a cinemática inversa, a caixa de texto apresenta os valores de posição final calculados dos ângulos de cada uma das juntas do manipulador. Caso o usuário não insira algum valor necessário para a simulação ou insira valores inválidos, esse campo também apresenta uma mensagem de erro, a qual informa ao usuário a verificação dos valores de entrada.

**Figura 4 – Interface do programa desenvolvido.**



O aplicativo desenvolvido apresenta uma Interface Gráfica de Usuário (GUI) que é intuitiva e de fácil utilização para a análise da cinemática do robô tipo SCARA. Ele foi criado com o objetivo de fornecer aos usuários a capacidade de realizar análises precisas e rápidas do robô. A interface gráfica é uma característica importante do aplicativo, pois ela permite que o usuário interaja com o sistema de maneira fácil e visualmente agradável.

## CINEMÁTICA DIRETA

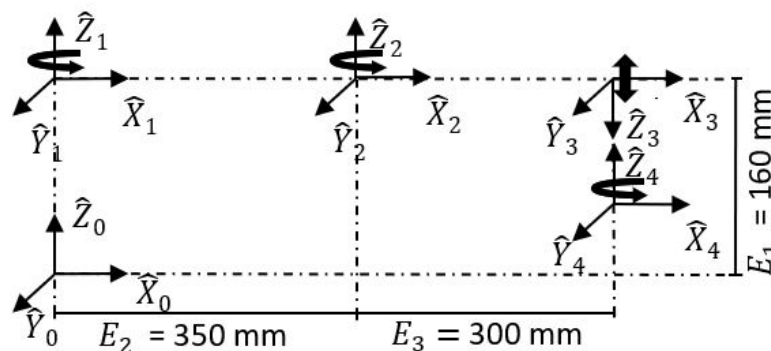
A cinemática direta é uma área fundamental da robótica que permite determinar a posição e orientação do efetuador final de um robô a partir das posições iniciais de suas juntas ou motores, dado um referencial. Segundo Spong *et al.* (2021), a cinemática direta é um problema matemático que envolve o cálculo das transformações homogêneas que levam as coordenadas das juntas e às coordenadas finais do efetuador. Essa cinemática é essencial para o desenvolvimento de outras áreas da robótica, como a cinemática inversa

e o controle de movimento.

A importância da cinemática direta é destacada por diversos autores. Segundo Khaled *et al.* (2019), a cinemática direta é uma das áreas fundamentais para o desenvolvimento de robôs manipuladores e é utilizada em diversas áreas, como em processos de automação de fábricas e na área médica. Já para Craig (2018), a cinemática direta é um dos pilares da robótica e é essencial para a programação de robôs manipuladores. Ele ainda destaca que a cinemática direta é importante para a análise e desenvolvimento de novas aplicações robóticas.

Na Figura 5, apresentou-se a estrutura geométrica do Robô SCARA SR – 6iA, sendo,  $X_i$ ,  $Y_i$  e  $Z_i$  denotam os eixos perpendiculares entre si de cada Sistema de Referência (SR),  $\{i\}$  com  $i = 0, 1, 2, 3, 4$ .

Figura 5 - Desenho esquemático Robô SCARA modelo SR – 6iA.



O SR $\{0\}$  é fixo e os demais sistemas são móveis. A modelagem da cinemática direta foi obtida pela decomposição do SR $\{i + 1\}$  em relação ao SR $\{i\}$ , com  $i = 0, 1, 2, 3, 4$ . O ponto que localiza a origem do SR $\{i + 1\}$  em relação ao SR $\{i\}$ , denominou-se:

$${}^i P_{i+1} = [p_x \ p_y \ p_z]^T \quad (1)$$

sendo  $p_x$ ,  $p_y$  e  $p_z$  os valores múltiplos dos vetores diretores ao longo dos respectivos  $\hat{X}$ ,  $\hat{Y}$  e  $\hat{Z}$ . A matriz rotacional, a qual descreve a rotação do SR $\{i + 1\}$  em relação ao SR $\{i\}$  em torno do eixo  $\hat{Z}$ , expressa por:

$${}_{i+1}^i R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

sendo  $\theta$  o ângulo em torno do eixo  $\hat{Z}$ . Dessa forma a matriz de transformação é dada por:

$${}_{i+1}^i T = \begin{bmatrix} {}_{i+1}^i R & {}^i P_{i+1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Em seguida, realizou-se o produto das matrizes de transformação, as quais interligam a base fixa do robô  $\{0\}$  até o efetuador  $\{4\}$  (posição final do último SR) (LYNCH; PARK, 2017), (CRAIG, 2009), da forma:

$${}^0 T_N = {}^0 T_1 {}^1 T_2 {}^2 T_3 \dots {}^{N-1} T_N \quad (4)$$



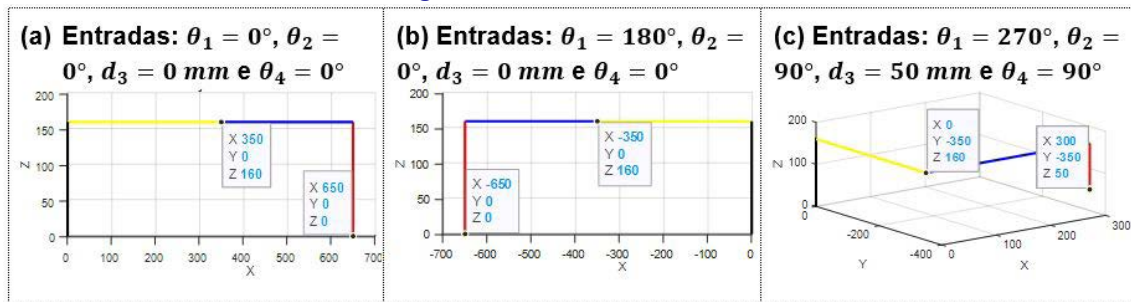
## RESULTADOS DA CINEMÁTICA DIRETA

A partir das substituições obtidas na Equação (3) e consequente multiplicação mostrada na Equação (4), tem-se a cinemática direta  ${}^0_4T$ , que retorna o valor da posição do efetuador em relação a base do manipulador. A partir da Equação (4), implementou-se no *software* MATLAB® R2021a e foram realizadas as simulações para a cinemática direta.

Para todas as simulações da cinemática direta, utilizou-se os valores  $E_1 = 160 \text{ mm}$ ,  $E_2 = 350 \text{ mm}$  e  $E_3 = 300 \text{ mm}$ , sendo esses os valores dos elos do robô SCARA SR-6 iA.

Na Figura 6, apresentou-se os gráfico em 2D (eixos x e z) e 3D (eixos x, y e z).

Figura 6 – Cinemática direta.



Para essa simulação, a opção “Direta” foi selecionada, no aplicativo, e foram inseridos os valores dos ângulos e deslocamento desejado em cada junta. Ao analisar a posição das juntas do robô, verificou-se que a imagem gráfica gerada valida a posição idealizada para Figura 6(a), com apenas o deslocamento em , devido as suas entradas.

De mesma forma foram realizadas as de mais simulações. Na Figura 6(b), demonstrou-se a representação do manipulador para a posição contrária a sua posição inicial no eixo , ou seja, uma rotação de  $180^\circ$  da primeira junta rotativa. E na Figura 6(c), exibiu-se o manipulador em uma posição arbitrária.

## CINEMÁTICA INVERSA

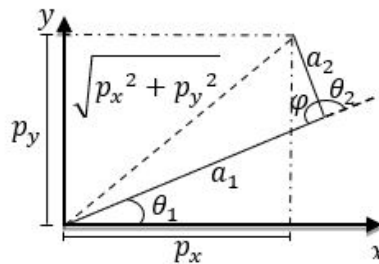
A cinemática inversa é uma das áreas fundamentais da robótica, responsável por determinar as posições das juntas do robô a partir da posição final do efetuador. Segundo Khaled *et al.* (2019), a cinemática inversa é amplamente utilizada na programação e controle de robôs manipuladores, essa permite que os robôs executem tarefas complexas com precisão e eficiência. A cinemática inversa é especialmente importante em aplicações que exigem movimentos precisos e repetitivos, como em processos industriais de montagem e soldagem.

Segundo a literatura, existem diversas técnicas de solução fechada para a cinemática inversa, como a solução analítica, solução algébrica, solução geométrica, dentre outras (SICILIANO; KHATIB, 2008), (RODRIGUES *et al.*, 2017). O conhecimento dessas técnicas é importante para o projeto e controle de robôs manipuladores em aplicações industriais e de pesquisa.

Para esse trabalho fez-se uso da solução geométrica, por meio da obtenção

das equações ao realizar análise da Figura 7. Essa solução é uma técnica utilizada para determinar a posição final das juntas de um robô manipulador a partir da posição final do efetuador. Essa técnica é considerada vantajosa em relação aos métodos numéricos, pois é mais rápida e precisa.

**Figura 7- Vista superior do robô SCARA.**



O desenvolvimento das equações para a cinemática inversa será baseado no triângulo oblíquo exposto na Figura 7 que, com base na lei dos cossenos, fornece a seguinte relação:

$$\left(\sqrt{p_x^2 + p_y^2}\right)^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2\cos\varphi \quad (5)$$

Por meio da Figura 7, tem-se que  $\theta_2 + \varphi = 180^\circ$ , isto é,  $\varphi = 180^\circ - \theta_2$ , logo:

$$p_x^2 + p_y^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2\left(\cos(180^\circ - \theta_2)\right) \quad (6)$$

Sabe-se que  $\cos(\pi - \theta) = -\cos\theta$  e, ao atribuir sua expressão a uma variável auxiliar D, chega-se em:

$$D = \cos\theta_2 = \frac{p_x^2 + p_y^2 - a_1^2 - a_2^2}{2a_1a_2} \quad (7)$$

A considerar  $\sin\theta = \sqrt{1 - \cos^2\theta}$  e  $\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$  obtém-se  $\theta_2$  como:

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left[ \pm \frac{\sqrt{1 - D^2}}{D} \right] \quad (8)$$

Por conveniência, para a implementação no aplicativo, foi utilizada a equação que considera o sinal positivo para solução de  $\theta_2$ .

Para encontrar a expressão de  $\theta_1$ , vide a Figura 7, foram analisadas as relações trigonométricas entre o ângulo formado entre o eixo x e o elo  $a_1$ , e o ângulo formado entre a linha tracejada, a qual sai da base do SR até ao efetuador. Ao realizar as devidas manipulações, tem-se a equação para  $\theta_1$ :

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left[ \frac{p_y}{p_x} \right] - \tan^{-1} \left[ \frac{a_2 \sin\theta_2}{a_1 + a_2 \cos\theta_2} \right] \quad (9)$$

Para solução de  $\theta_4$ , implementou-se a equação:

$$\theta_4 = \theta_1 + \theta_2 \quad (10)$$

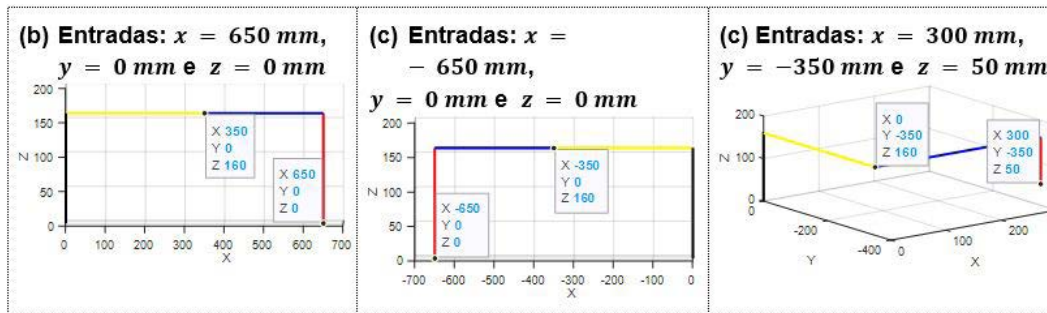
## RESULTADOS DA CINEMÁTICA INVERSA

Para as simulações computacionais da cinemática inversa, consideraram-se os valores dos elos referentes ao robô SCARA SR-6 iA,  $E_1 = 160 \text{ mm}$ ,  $E_2 = 350 \text{ mm}$  e  $E_3 = 300 \text{ mm}$  assim como usou-se os dados na etapa de verificação das respostas obtidas da cinemática

direta.

Na Figura 8, apresenta-se os gráfico em 2D (eixos x e z) e 3D (eixos x, y e z).

**Figura 8 – Cinemática inversa.**



Na Figura 8(a), manteve-se o mesmo método da simulação anterior, contudo, a opção de cinemática foi alterada no aplicativo para “Inversa”, e as entrada foram as posições finais do efetuador. O mesmo para a Figura 8(b), manteve-se o mesmo método da simulação anterior, alterou-se apenas o ponto da posição final do efetuador em relação a base do robô. Para o caso da Figura 8(c), alterou-se o ponto da posição final do efetuador em relação a base do robô.

Ao final das simulações, nota-se que todas ocorreram de forma coerentes com o esperado, dado os resultados da etapa anterior.

## Geração de trajetória

Para realizar a programação na dimensão das juntas, é essencial ter um entendimento do comportamento das juntas ao longo do tempo. O intuito é observar as mudanças nos valores de posição, velocidade e aceleração durante o movimento da junta desde o início até o final. Tal planejamento pode ser obtido através da seguinte equação:

$$\theta(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 \quad (11)$$

sendo  $\theta(t)$  um polinômio de terceira ordem, é possível gerar trajetórias suaves para o robô em um determinado intervalo de tempo. Os parâmetros  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$  são responsáveis por definir a forma dessa trajetória, enquanto  $t$  representa o tempo necessário para que o manipulador alcance a posição final desejada (SANTOS, 2004; CRAIG, 2009).

Ao derivar a Equação (11), em relação ao tempo, obtém-se a equação de velocidade, representada por:

$$\dot{\theta}(t) = a_1 + 2a_2t + 3a_3t^2 \quad (12)$$

Por fim, ao realizar o mesmo procedimento de derivação em relação ao tempo para a Equação (12), tem-se a equação de aceleração a seguir.

$$\ddot{\theta}(t) = 2a_2 + 6a_3t \quad (13)$$

Frequentemente torna-se necessária a movimentação suave do manipulador, deste modo, é preciso que a função utilizada para obtenção dos valores de posição seja contínua, assim como sua derivada primeira e derivada segunda (CRAIG, 2009).

Segundo Craig (2009), há quatro restrições impostas ao polinômio de terceira

ordem selecionado:

1.  $\theta(0) = \theta_0$  A restrição referente ao valor inicial da posição;
2.  $\theta(t_f) = \theta_f$  a restrição referente ao valor final da posição, sendo  $t_f$  o tempo que a junta tem para chegar na posição desejada;
3.  $\dot{\theta}(0) = 0$  A restrição referente ao valor inicial da velocidade;
4.  $\dot{\theta}(t_f) = 0$  a restrição referente ao valor final da velocidade, sendo  $t_f$  o tempo que a junta tem para chegar na posição desejada.

A combinação das restrições com o polinômio de terceira ordem, Equação (11), e isolando as equações em relação aos parâmetros  $a_i$ , com  $i = 0, 1, 2$  e  $3$ , geram as equações:

$$a_0 = \theta_0 \quad (14)$$

$$a_1 = 0 \quad (15)$$

$$a_2 = \frac{3}{t_f^2} (\theta_f - \theta_0) \quad (16)$$

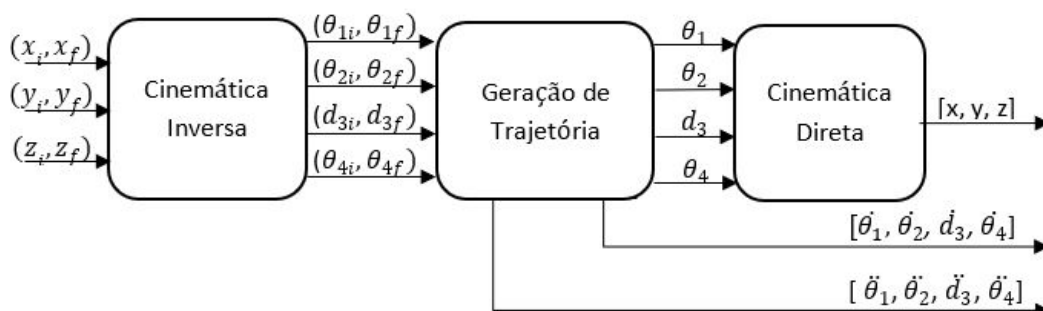
$$a_3 = -\frac{2}{t_f^3} (\theta_f - \theta_0) \quad (17)$$

nas quais através das entradas dos valores de tempo, posição inicial e final, acerta-se o polinômio que interliga qualquer posição final e inicial dos ângulos das juntas do robô, responsável por gerar uma trajetória suave para cada junta do manipulador (CRAIG, 2009).

## RESULTADOS GERAÇÃO DE TRAJETÓRIA

Para a simulação da geração de trajetória foram utilizados os códigos gerados e equações elaboradas nas etapas anteriores, como apresentado no diagrama de blocos na Figura 9.

Figura 9 - Diagrama de simulação da geração de trajetória.



Primeiramente, entra-se com as posições inicial e final do manipulador na cinemática inversa que transporta os valores da posição inicial e final do plano cartesiano para o espaço de junta.

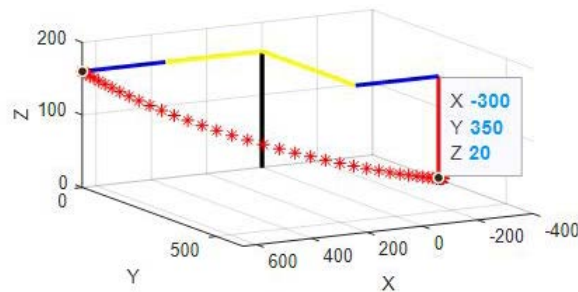
Por conseguinte, esses pontos vão para o algoritmo de geração de trajetória que aplica às Equações (11), (12), e (13), assim como às Equações (14) a (17). Como resultado desse bloco, geração de trajetória, tem-se a posição, a velocidade e a aceleração para cada junta do manipulador estudado.

Por fim, apenas a posição, no espaço de juntas, de cada junta, passa pela cinemática direta, com a finalidade de se obter os valores para a representação isométrica em 3D no espaço cartesiano da posição inicial e final de cada elo do manipulador e as posições do efetuador ao longo da trajetória realizada.

Para as simulações de trajetórias continua-se a usar como base os dados referentes ao manipulador SCARA SR-6 iA. Mantém-se os valores de  $E_1 = 160 \text{ mm}$ ,  $E_2 = 350 \text{ mm}$  e  $E_3 = 300 \text{ mm}$ .

Na Figura 10 é apresentada a trajetória dado o ponto inicial  $P_i = [650, 0, 160]^T$  e ponto final  $P_f = [-300, 350, 20]^T$ , ambos em milímetros. Além do valor inicial e final, foram escolhidos os valores do tempo de simulação igual a 10s, com passos de 0,2s, de maneira a obter como resposta uma trajetória com 50 pontos de representação da posição final do efetuador ao longo da trajetória.

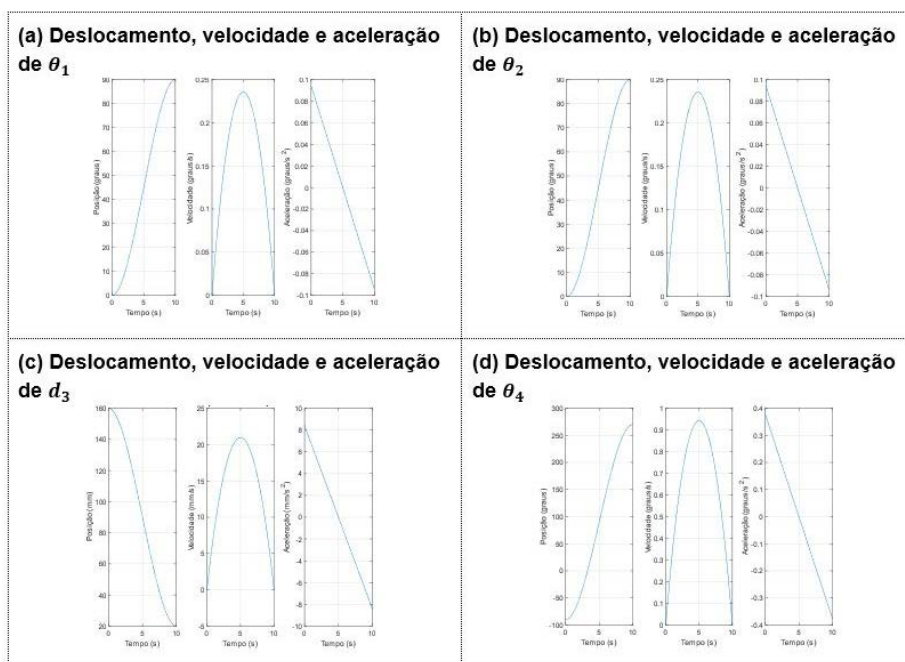
**Figura 10 – Geração da trajetória para o tempo = 10s e passos = 0,2s.**



Nota-se que a simulação ocorreu de maneira satisfatória ao apresentar 50 pontos que demonstram as posições alcançadas pelo efetuador ao longo do tempo até chegar a posição final.

Na Figura 11 expõe o comportamento das variáveis de deslocamento, velocidade e aceleração, no espaço de juntas  $\theta_1, \theta_2, d_3$  e  $\theta_4$ , ao longo das simulações.

**Figura 11 – Comportamento da velocidade, aceleração e deslocamento.**



Nos quatro conjuntos de gráficos, pode-se analisar que o deslocamento sempre apresenta um comportamento suave como previsto pelo efeito da Equação (11). Os gráficos de velocidade apresentam valores nulos, tanto para a posição inicial, como para a posição final, o que também já é esperado, pois, todas as juntas saem de uma posição de inércia, atingem um pico de aceleração e terminam com valores nulos, dado que as juntas devem permanecer paradas quando alcançam a posição final desejada. Por último, tem-se o gráfico de aceleração que acompanha as características da Equação (13), uma equação de 1° grau.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O robô tipo SCARA foi escolhido para o desenvolvimento do trabalho por conta de sua aplicabilidade e versatilidade na indústria 4.0. Foram realizadas as modelagens matemáticas da cinemática direta e cinemática inversa, assim como o planejamento e geração de trajetória. As equações obtidas foram implementadas no software MATLAB®, o que permitiu a criação de um aplicativo consistente, o qual realiza cálculos e retorna gráficos para qualquer robô do tipo SCARA que tenha uma estrutura análoga ao SCARA SR-6 iA.

O trabalho obteve êxito em desenvolver as modelagens e o aplicativo, o qual é configurável para robôs genéricos do tipo SCARA utilizados na indústria 4.0. Além de disponibilizar representações gráficas de posição, velocidade e aceleração, essas representações são importantes para facilitar a compreensão e possível aplicação em ambientes industriais modernos.

Portanto, conclui-se que o aplicativo desenvolvido potencializa o desenvolvimento e disseminação da robótica e pode facilitar o aprendizado de alunos e profissionais da indústria que desejam aprender sobre o assunto. Como futuras propostas, pode-se considerar a implementação de novos modelos de robôs no aplicativo, sendo estes manipuladores do tipo cartesiano, articulado, esférico, entre outros, com o intuito de expandir as possibilidades de ensino e pesquisa. Outra proposta seria a transição do aplicativo desenvolvido para a ambiente web, isso promoverá maior acessibilidade de usuários.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Leonardo de Melo; ROSSINI, Flávio Luiz; OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto de. Modelagem Cinemática de um Robô Modelo SCARA e Desenvolvimento de Aplicativo para Análise Gráfica. Anais do (A) Anais do XII Seminário de Extensão e Inovação & XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UFPR, Santa Helena, p. 1-7, 07 nov. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.29327/1152426.1-2>. Acesso em: 15/06/2023.

CANHAN, Diego Carrião; BROLIN, Leandro Castilho; ROSSINI, Flávio Luiz. Aplicação do Método do Gradiente e do Método dos Mínimos Quadrados Recursivo para Análise de Desempenho do Controle Adaptativo por Modelo de Referência. Engenharia elétrica: Sistemas de energia elétrica e telecomunicações 2, 2022a. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/aplicacao-do-metodo-do-gradiente-e-do-metodo-dos-minimos-quadrados-recursivo-para-analise-de-desempenho-do-controle-adaptativo-por-modelo-de-referencia>. Acesso em: 06/07/2023. Doi: 10.22533/at.ed.2702211118.

CANHAN, Diego Carrião; BROLIN, Leandro Castilho; ROSSINI, Flávio Luiz. Comparação entre Estimadores Paramétricos Aplicados ao Controle Adaptativo por Modelo de Referência. In: Anais do XII Seminário de Extensão e Inovação & XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Anais...Santa Helena (PR) UTFPR Santa Helena, 2022b. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/seisicite2022/548540-comparacao-entre-estimadores-parametricos-aplicados-ao-controle-adaptativo-por-modelo-de-referencia/>. Acesso em: 06/07/2023.

CANHAN, Diego Carrião; BROLIN, Leandro Castilho; ROSSINI, Flávio Luiz. Design, Simulation and Performance Analysis of Parametric Estimation Algorithms Applied to Model Reference Adaptive Control. Development and Its Applications in Scientific Knowledge, 2023a. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/devopinterscie-247>. Acesso em: 06/07/2023.

CANHAN, Diego Carrião; BROLIN, Leandro Castilho; ROSSINI, Flávio Luiz. Projeto e Análise de Desempenho de Algoritmos de Estimção Paramétrica Aplicados ao Controle Adaptativo por Modelo de Referência. Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos 6, 2023b. Disponível em: <https://ayaeditora.com.br/Livro/25361/>. Acesso em: 06/07/2023. Doi: 10.47573/aya.5379.2.186.3.

CHICHANOSKI, Gustavo; MUNARINI, Bruno Lucas; ROSSINI, Flávio Luiz. Modelagem da Cinemática Direta do Robô Manipulador RV-2AJ de 6 Graus de Liberdade da Industrial Robot Mitsubishi - estudo de caso. XX Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Campo Mourão, 2015.

CRAIG, J. J. Introduction to robotics: mechanics and control, 3. ed. Pearson Education India, 2009.

CRAIG, J. J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control. 4. ed. Essex: Pearson Education Limited, 2018. 496 p. ISBN: 978-0-273-75357-3.

COLDEBELLA, Henrique; BROLIN, Leandro Castilho; ROSSINI, Flávio Luiz. Análise de Algoritmos de Estimção Paramétrica Aplicados ao Projeto de Controlador Adaptativo por Modelo de Referência. Engenharia elétrica: Sistemas de energia elétrica e telecomunicações 2, 2022a. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/analise-de-algoritmos-de-estimacao-parametrica-aplicados-ao-projeto-de-controlador-adaptativo-por-modelo-de-referencia>. Acesso em: 06/07/2023. Doi: 10.22533/at.ed.2702211114.

COLDEBELLA, Henrique; BROLIN, Leandro Castilho; ROSSINI, Flávio Luiz. Comparação entre Algoritmos de Adaptação Paramétrica aplicados ao Projeto de Controlador Adaptativo por Modelo de Referência. In: Anais do XII Seminário de Extensão e Inovação & XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Anais...Santa Helena (PR) UTFPR Santa Helena, 2022b. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/seisicite2022/548802-comparacao-entre-algoritmos-de-adaptacao-parametrica-aplicados-ao-projeto-de-controlador-adaptativo-por-modelo-de/>. Acesso em: 06/07/2023.

COLDEBELLA, Henrique; ROSSINI, Flávio Luiz. Desenvolvimento e Implementação do Método dos MQR-FE Acoplado a um Sistema de CAMR. Engenharia de Controle e Automação: estudos fundamentais, p. 130-149, 2023a. Disponível em: <https://api.conhecimentolivres.org/ecl-api/storage/app/public/L.655-2023.pdf>. Acesso em: 06/07/2023. Doi: 10.37423/230107095.

COLDEBELLA, Henrique; ROSSINI, Flávio Luiz. Design and Simulation of a Model Reference Adaptive Control System Using the Recursive Least Squares Method with Forgetting Factor for Gain Adjustment. Development and Its Applications in Scientific Knowledge, 2023b. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/devopinterscie-287>. Acesso em: 06/07/2023.

DONDA, Rafael Angelini; ROSSINI, Flávio Luiz; SOUZA, Reginaldo Nunes de; GARCIA, Renato Vinicius. Desenvolvimento do Aplicativo Métodos de Matemática Aplicada – Simulador da Série de Fourier (MMA-SSF): estudo de caso. In: Anais do XI Seminário de Extensão e Inovação \& XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Anais...Guarapuava (PR) UTFPR Guarapuava, 2021. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br//sei/sei2021/paper/viewFile/8387/4067>. Acesso em: 25/07/2023.

DONDA, Rafael Angelini; GARCIA, Renato Vinicius; ROSSINI, Flávio Luiz; SOUZA, Reginaldo Nunes de. Desenvolvimento do Aplicativo Métodos de Matemática Aplicada - Simulador da Série de Fourier (MMA-SSF): estudo de caso. Open Science Research II, p. 1360-1369, 2022. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/220207807>. Acesso em: 07/07/2023. Doi: 10.37885/220207807.

DONDA, Rafael Angelini; ROSSINI, Flávio Luiz. Projeto, Simulação e Análise de um Sistema de Controle por Modo Deslizante Aplicado ao Conversor CC-CC Buck: estudo de caso. Engenharia elétrica: Sistemas de energia elétrica e telecomunicações 2, 2022a. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/projeto-simulacao-e-analise-de-um-sistema-de-controle-por-modo-deslizante-aplicado-ao-conversor-cc-cc-buck-estudo-de-caso>. Acesso em: 06/07/2023. Doi: 10.22533/at.ed.2702211112.

DONDA, Rafael Angelini; ROSSINI, Flávio Luiz. Projeto, Simulação e Análise de um Sistema de Controle por Modo Deslizante Aplicado ao Conversor CC-CC Buck: estudo de caso. Engenharia elétrica: Sistemas de energia elétrica e telecomunicações 2, 2022b. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/projeto-simulacao-e-analise-de-um-sistema-de-controle-por-modo-deslizante-aplicado-ao-conversor-cc-cc-buck-estudo-de-caso>. Acesso em: 06/07/2023. Doi: 10.22533/at.ed.2702211112.

FANUC. SCARA robot - 6iA. FANUC, 2022. Disponível em: <https://www.fanuc.eu/bg/en/robots/robot-filter-page/scara-series/scara-sr-6ia>. Acesso em: 10 mai. 2022.

FENERICK, J. C.; VOLANTE, A. F. R. Robôs industriais e aplicações na indústria 4.0. Revista Inovação, Projetos e Tecnologias, v. 2, n. 2, p. 1-12, 2020.

FUDOLI, Fábio; BLESSA, Lucas; SOUZA, Júlio; ROSSINI, Flávio Luiz. Modelagem da Cinemática Direta e Inversa do Robô SCARA EPSON G10-851S. III Simpósio de Tecnologia e Engenharia Eletrônica - III SIMTEEL. Campo Mourão, 2016.

KHALED, S.; MOHAMED, Z.; MOHAMMAD, M.; KAMARUDDIN, K. Cinematic and Dynamic Analyses of a 5-DOF SCARA Robot. Robotics, v. 8, n. 4, p. 91, 2019.

KUMAR, R. MATLAB App Designer: A Complete Guide. Apress, 2019.

KUMAR, A.; SINGH, R.; SHARMA, S.; SHARMA, S. Design and analysis of SCARA robot for electronic assembly. International Journal of Engineering Research and Technology, v. 10, n. 4, p. 323-329, 2021.

LIMA, Bruno Suracci de; ROSSINI, Flávio Luiz; CORRÊA, João Henrique Dias; LOPES, João Marcos Perigo; BARBOSA, Reginaldo Ferreira de Sousa; BARROZO, Yuri Ruzzene. Modelagem, Simulação e Análise de Movimento do Robô Manipulador SCARA T3 401SS Fabricante EPSON. Engenharia Elétrica: Sistemas de energia elétrica e telecomunicações, p. 108-125, 2022. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/modelagem-simulacao-e-analise-de-movimento-do-robo-manipulador-scara-t3-401ss-fabricante-epson>. Acesso em: 18/06/2023. doi: 10.22533/at.ed.0022217088.



LYNCH, K. M.; PARK, F. C. Modern robotics. Cambridge University Press, 2017.

MARTINES, Francine; MELO, Larissa; CHICHANOSKI, Gustavo; MUNARINI, Bruno; ROSSINI, Flávio Luiz. Modelagem Matemática da Cinemática Direta do Robô Manipulador SCARA Modelo G-10/G-20. V Ciclo de Palestras: Perspectivas Matemáticas - V CIPEM. Campo Mourão, 2015.

MATHWORKS. MATLAB App Designer. 2022. Disponível em: <https://www.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>. Acesso em: 4 jun. 2022.

OLIVEIRA, L. F. P. Modelação, simulação e implementação de padrões de locomoção para robôs hexápodes. 2016. Dissertação de mestrado. Instituto Politécnico do Porto (Portugal).

OLIVEIRA, L. F. P.; ROSSINI, F. L. Modeling, simulation and analysis of locomotion patterns for hexapod robots. IEEE Latin America Transactions, v. 16, n. 2, p. 375-383, 2018.

OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto de; ROSSINI, Flávio Luiz; SILVA, Manuel Fernando; MOREIRA, Antonio Paulo. Modeling, Simulation and Implementation of Locomotion Patterns for Hexapod Robots. 2020 IEEE Congresso Bienal de Argentina (ARGENCON). Resistencia, Argentina, p. 1-1, 2020. Doi: 10.1109/ARGENCON49523.2020.9505570.

PAWELSKI, Lucas; SILVA JUNIOR, Paulo Roberto Machado; ROSSINI, Flávio Luiz. Desenvolvimento do Aplicativo Métodos de Matemática Aplicada - Simulador de Entrada-Saída Periódica de Circuito Elétrico RLC Série (MMA-SESPC). Open Science Research II, p. 1350-1359, 2022. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/220207739>. Acesso em: 07/07/2023. Doi: 10.37885/220207739.

PAWELSKI, Lucas; ROSSINI, Flávio Luiz; COLDEBELLA, Henrique. Desenvolvimento de um Aplicativo Estimador não Paramétrico de Função de Transferência de Processos Industriais (EnPFTPI). In: Anais do XII Seminário de Extensão e Inovação & XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Anais...Santa Helena (PR) UTFPR Santa Helena, 2022. Disponível em: [https://www.even3.com.br/anais/seisicite2022/546232-desenvolvimento-de-um-aplicativo-estimador-nao-parametrico-de-funcao-de-transferencia-de-processos-industriais-\(e/](https://www.even3.com.br/anais/seisicite2022/546232-desenvolvimento-de-um-aplicativo-estimador-nao-parametrico-de-funcao-de-transferencia-de-processos-industriais-(e/). Acesso em: 07/07/2023.

PAWELSKI, Lucas; SILVA JUNIOR, Paulo Roberto Machado; ROSSINI, Flávio Luiz. Desenvolvimento de um Aplicativo Simulador de Entrada-Saída Periódica de Circuito Elétrico RLC Série (MMA-SESPC). In: Anais do XI Seminário de Extensão e Inovação & XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Anais...Guarapuava (PR) UTFPR Guarapuava, 2021. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br//sei/sei2021/paper/viewFile/7741/4065>. Acesso em: 25/07/2023.

PENHA, Bruno Schuavab; QUEIROZ, Mariana Emer; ROSSINI, Flávio Luiz. Modelagem e Análise da Cinemática Direta e Inversa de Manipulador Robótico com Cinco Juntas Rotativas. III Simpósio de Tecnologia e Engenharia Eletrônica - III SIMTEEL. Campo Mourão, 2016.

ROSSINI, Flávio Luiz; LIMA, Bruno Suracci de; CORRÊA, João Henrique Dias; LOPES, João Marcos Perçaro; BARBOSA, Reginaldo Ferreira de Sousa; BARROZO, Yuri Ruzzene. Modelagem, Simulação, Planejamento de Trajetória e Controle Não Linear no Espaço de Juntas de Movimento do Robô Manipulador SCARA T3 401SS - EPSON. Engenharia: a máquina que constrói o futuro - Volume XIII, p. 21-41, 2023a. Disponível em: <https://api.conhecimentolivre.org/ecl-api/storage/app/public/L.709-2023.pdf>. Acesso em: 18/06/2023. Doi: 10.37423/230407596.

ROSSINI, Flávio Luiz; LIMA, Bruno Suracci de; CORRÊA, João Henrique Dias; LOPES, João Marcos Perçaro; BARBOSA, Reginaldo Ferreira de Sousa; BARROZO, Yuri Ruzzene. Modeling,

Simulation, Motion Trajectory Planning and Nonlinear Control in the Joint Space of the Manipulator Robot SCARA T3 401SS Manufacturer Epson. Development and Its Applications in Scientific Knowledge, 2023b. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/devopinterscie-248>. Acesso em: 18/06/2023.

ROSSINI, Flávio Luiz; LOPES, João Marcos Pericharo; ABREU, Leonardo de Melo; BARBOSA, Reginaldo Ferreira de Sousa; OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto de. Modelagem, Simulação e Controle de Trajetória do Robô Manipulador SCARA SR-6 IA através de um Aplicativo MATLAB®. Ciências Exatas Estudos e Desafios, p. 248-278, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.35587/brj.ed.0001995>. Acesso em: 15 jun. 2023.

ROSSINI, Flávio Luiz. Métodos de Filtragem, Estimação e Controle Adaptativo Indireto Aplicados a Sistemas de Teleoperação Bilateral. pt. PhD thesis. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – Universidade Estadual de Campinas, p. 92, 2020. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30\\_a4357c8ea5602bb2b5b0d556e8c3a91e](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30_a4357c8ea5602bb2b5b0d556e8c3a91e). Acesso em: 06/07/2023.

ROSSINI, Flávio Luiz. Modelagem Matemática da Dinâmica do Robô Manipulador RC 180, Empresa EPSON, via Formulação Lagrangiana. II Simpósio de Tecnologia e Engenharia Eletrônica - II SIMTEEL. Campo Mourão, 2014.

SANCHES, Hugo Eduardo; ROSSINI, Flávio Luiz. Modelagem e Controlador um Manipulador Robótico. Journal of Exact Sciences, vol. 9, n. 1, p. 05-16, Abr-Jun 2016. Disponível em: <https://www.mastereditora.com.br/jes9-1>. Acesso em: 06/07/2023.

SANTOS, Matheus Araújo dos; ROSSINI, Flávio Luiz. Modelagem Matemática e Simulação da Cinemática Direta do Robô Manipulador com Seis Juntas Rotativas - 6 GL. III Simpósio De Tecnologia e Engenharia Eletrônica - III SIMTEEL. Campo Mourão, 2016.

SANTOS, V. M. F. Robótica industrial. Universidade de Aveiro - Departamento de Engenharia Mecânica, [S.], 2004.

SARIKAYA, R.; KIVRAK, İ. Robot-based surface inspection: A review. Journal of Manufacturing Systems, v. 50, p. 18-39, 2019.

SICILIANO, B.; KHATIB, O. Springer Handbook of Robotics. Springer, 2008.

SOUZA, Eber Delgado de; ROSSINI, Flávio Luiz; OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto de. Desenvolvimento de um Aplicativo no Ambiente App Designer do Software Matlab® para Planejamento de Trajetória do Robô PUMA 560. Engenharia Elétrica e de Computação: docência, pesquisa e inovação tecnológica. p. 87–109, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.4652316018>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SPONG, M. W.; HUTCHINSON, S.; VIDYASAGAR, M. Robot Modeling and Control. John Wiley & Sons, 2021.

RODRIGUES, M. A. A.; MENDES, E. V.; LIMA, A. C. B. Robótica industrial: conceitos, classificação e aplicações. Revista Inovação, Projetos e Tecnologias, v. 5, n. 1, p. 127-142, 2017.

YILDIZ, C. MATLAB App Designer Tutorial Series. Springer, 2020.

WILSON, S. MATLAB App Designer for Beginners: Learn to Develop Apps Quickly. Independently published, 2017.

## Viabilização da implementação de robôs na indústria metalúrgica

### *Enabling the implementation of robots in the metallurgical industry*

**Leonardo Figueira Castelani**

*Graduando em Engenharia Elétrica na Universidade de Araraquara – UNIARA, Unidade IV, Araraquara-SP*

**Ronaldo Gomes Figueira**

*Orientador, Doutor em Engenharia Elétrica, Docente do Curso de Engenharia Elétrica da UNIARA*

**Fabiana Florian**

*Coorientadora, Doutora em Alimentos e Nutrição, Docente do curso de Engenharia Elétrica da UNIARA,*

#### RESUMO

Com o crescente aumento na demanda de produtos manufaturados, se faz necessária a utilização de meios tecnológicos que viabilizem aumentar a eficiência da produção para superar a concorrência e atender ao mercado. A automação faz parte do cotidiano de muitas empresas, mas ainda se faz muito ausente em empresas metalúrgicas com produção não seriada devido à falta de preparo para viabilizar a aplicação de uma célula robótica em sua linha. No entanto, as indústrias que pretendem adotar a automação em sua linha de produção, devem primeiro se preparar não só em termos de *layout* e primeiras operações, como é o caso dos metalúrgicos, mas também para as questões humanas que abordam esse tema há mais de 20 anos no Brasil. Portanto, neste trabalho serão avaliados todos os desafios no momento de aplicar um robô em uma indústria manufatureira com produção não seriada, desde análises econômicas a análises de *layout* e impactos culturais.

**Palavras-chave:** robotização. automação. produtividade. metalúrgica.

#### ABSTRACT

With the increasing demand for manufactured products, it is necessary to use technological means that make it possible to increase production efficiency to overcome competition and serve the market. Automation is part of the daily life of many companies, but it is still very absent in metallurgical



companies with non-series production due to the lack of preparation to enable the application of a robotic cell in their line. However, industries that intend to adopt automation in their production line must first prepare themselves not only in terms of layout and first operations, as is the case with metallurgists, but also for the human issues that have addressed this topic for more than a decade. 20 years. years in Brazil. Therefore, in this work all the challenges when applying a robot in a manufacturing industry with non-serial production will be evaluated, from economic analyzes to layout analyzes and cultural impacts.

**Keywords:** robotization. automation. productivity. metallurgical.

## INTRODUÇÃO

O termo robô, foi popularizado em 1921 pelo dramaturgo Karen Capek em sua peça “Os Robôs Universais de Russum (R.U.R.)”. Em sua obra um autômato se rebela contra o ser humano devido as condições de sua existência. A palavra robô se deriva da palavra eslava “robotá”, que tem como significado, trabalho forçado e se popularizou devido ao crescente avanço industrial e a urbanização [1]–[3].

Era natural que em 1921 fosse questionado a aplicação dos robôs no cotidiano das pessoas, já que a maior parte da Europa já vivia o início da evolução industrial. Época que obrigou muitas industrias a recorrerem a meios mecanizados e automatizados, de maneira que o robô e o mecanismo tenham se popularizado bastante na época [1]–[3].

Com a evolução dos meios automatizados na indústria, o escritor russo, Issac Asimov, mencionou as três leis básicas, quais são utilizadas ainda hoje, em seu publicado na década de 40 [1]–[3].

1. Um robô não pode fazer mal a um ser humano e nem consentir, permanecendo inoperante, que um ser humano se exponha a situação de perigo;
2. Um robô deve obedecer sempre às ordens de seres humanos, exceto em circunstâncias em que estas ordens entrem em conflito com a lei 1;
3. Um robô deve proteger a sua própria existência, exceto em circunstâncias que entrem em conflito com a lei 1 e 2.

Foi somente em 1961, que a empresa UNIMATION Inc. instalou o primeiro robô autônomo programável no chão de fábrica. Desde então, este campo vem se expandindo e novos tipos de robôs vem ganhando espaço [1]–[3].

É importante levar este tema em consideração ainda mais no início do século XXI, onde ainda existe preconceito sobre a viabilização da automação em certas empresas. A Ásia em 2019 liderava como o país com maior número de mão de obra robotizada no mundo hoje, como ilustrado no gráfico da Figura 1 e o Brasil ainda se vê distante desta realidade [4].

**Figura 1 – Tabela indicando volume de mão de obra robotizada vendida em 2019 [4].**

**FONTE: Khalid Hasan Tantawi, Alexandr Sokolov, Omar Tantawi. Advances in Industrial Robotics: From Industry 3.0 Automation to Industry 4.0 Collaboration**

Este artigo tem como finalidade não somente apresentar os modelos de robô utilizados na indústria metalúrgica manufatureira hoje, mas também mostrar os desafios e as preparações necessárias para a implantação de uma célula robótica, onde seja necessário realizar alterações de *layout*, mudanças no setor de primeiras operações e inclusão cultural do robô na empresa. Portanto, diante todos estes desafios, demonstrar ainda a viabilização de aquisição de um meio automático de produção.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Sistemas mecanizados

Sistemas mecanizados são aqueles que operam de maneira autônoma, mas não possuem um sistema de racionalização integrado, ou seja, não são capazes de memorizar programas complexos. Durante a primeira revolução industrial, houve um aumento expressivo na demanda de produtos industrializados, portanto neste período se destacava aquele que conseguia suprir o mercado com mais eficiência, onde se iniciou a busca por sistemas automatizados. Um dos modelos mais eficientes de utilização de mecanização ocorreu no início do século XX, onde Henry Ford implantou um novo modelo de sistema produtivo que permitia atender a esta demanda atual de produtos, qual utilizava esteiras para mover o produto até o final da linha de produção. Este sistema foi batizado de Fordismo e foi amplamente aplicado em outras fábricas de segmentos diferenciados. O que é relevante neste sistema produtivo, são os mecanismos implementados em sua cadeia, como a esteira por exemplo, na Figura 2. [5]–[7]

**Figura 2 – Linha de produção do Ford modelo T.**

**Fonte: Literary Digest 1928-01-07 Henry Ford Interview.**

## Sistemas com circuito integrado

Em 1960, com a crescente implementação de sistemas computadorizados com circuitos integrados, aumentou também a busca pelo processamento de informações e melhoria no sistema produtivo. Essa tecnologia demorou apenas 10 anos para ser integrada em um sistema que poderia ser utilizado para operar um braço robótico. Portanto, em 1960, marca o início da nova revolução industrial, onde os robôs de manufatura começaram a ganhar papel mais participativo em indústrias, como ilustrado na Figura 3. Ainda com um sistema rígido de programação complexa, era mais eficiente do que o operador [4], [7].

**Figura 3 – Linha de produção automobilística robotizada.**



Fonte: PAHC, soluções em automação industrial.

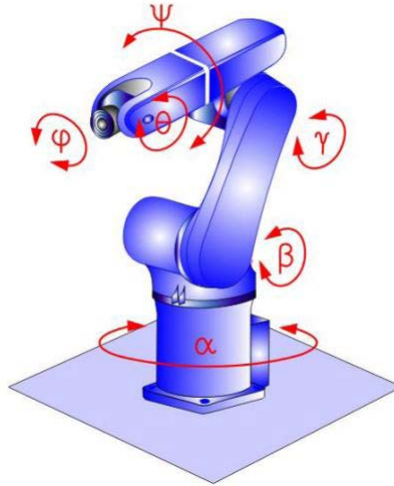
## Definições e classificações

### Robô industrial

O termo robô industrial pode ser definido como “Manipulador funcional reprogramável projetado para movimentar materiais, partes, ferramentas ou peças especiais, através de diversos movimentos programados, para o desempenho de uma variedade de tarefas” de acordo com *Robotic Industries Association* [8]–[12].

A integração de manipuladores mecânicos, atuadores, sensores, unidade de controle, unidade de potência e efetuator constituem um robô industrial para aplicação em chão de fábrica [8]–[12].

Os robôs são limitados pelo tamanho do seu braço ou eixo e pelo número de graus de liberdade. Graus de liberdade de um robô pode ser definido pelo número de eixos que ele pode rotacionar no momento da execução de um serviço, quanto maior o número de eixos, maior o seu grau de liberdade e movimentação como ilustrado.

**Figura 4 – Braço robótico com seis graus de liberdade [13].**

Fonte: Adaptado de Giralt (1997).

O manipulador mecânico refere-se ao mecanismo no qual o robô é construído, seja um braço robótico ou eixo. Geralmente são elementos rígidos conectados através de articulações. Sendo por exemplo, uma base conectada a um sistema articulado [2], [14].

Os atuadores são sistemas responsáveis pelo movimento do robô ou da garra mecânica, ou seja, são capazes de converter a energia hidráulica ou pneumática em energia mecânica. Além de hidráulicos e pneumáticos, atuadores podem ser ainda eletromagnéticos, como por exemplo, motores de corrente contínua ou alternada [2], [14].

Sensores são responsáveis por guiar o manipulador no momento da execução do movimento, geralmente utilizam como variáveis, distância, tempo e posição cartográfica no eixo. Existem ainda sensores sensíveis ao toque do braço, para ajudar no momento da programação e ainda sensores tipo cortinas de luz, que atuam na segurança conforme a NR-12 estabelece [2], [14].

Para realizar a programação do robô utiliza-se a unidade de controle. Nela, comandos podem ser inseridos através de CLP (Controle lógico programável) ou ainda através de softwares de desenho mecânico 3D, no caso de robôs de soldagem por exemplo [2], [14].

Unidade de potência é associada geralmente aos atuadores e tem como finalidade, fornece potência para a sua movimentação [2], [14].

Por fim, o efetuator é a ferramenta na extremidade do robô que é responsável por execução a função para qual foi programado. Pode ser acoplado uma tocha de soldagem ou uma pistola de pintura, por exemplo, ou ainda em caso de robôs de montagem, ventosas ou garras [2], [14].

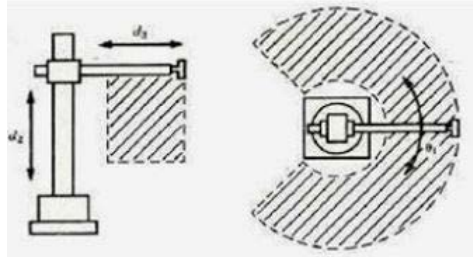
## Tipo de robôs

### Coordenadas cilíndricas e esféricas

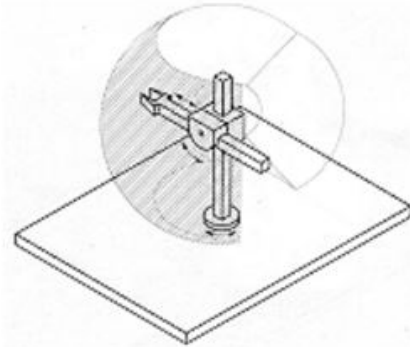
O robô de coordenadas cilíndricas (Figura 5 e 6) movimenta seu braço em um arco cilíndrico ao seu redor, geralmente utilizado em aplicações mais simples devido a seus

poucos de liberdade. Já o de coordenadas esféricas, além de se movimentar na área ao seu redor, é capaz de realizar atividade sobre cabeça [2], [12], [14].

**Figura 5 – Robô de coordenada cilíndrica [14].**



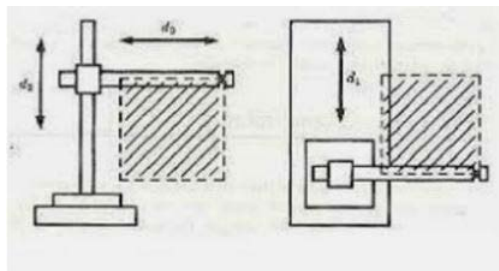
**Figura 6 – Robô de coordenada esférica [2].**



## Cartesianos

Robôs que possuem movimentos cartesianos (Figura 7) geralmente são posicionados em uma mesa ou pórtico. É um robô com menos graus de liberdade e geralmente utilizados para equipamentos menos complexos [2], [12], [14].

**Figura 7 – Robô cartesiano (x, y, z) [14].**

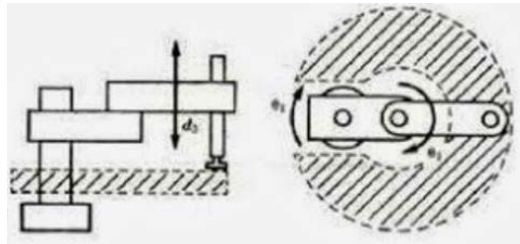


## SCARA

SCARA, é a abreviação de *Selective Compliance Assembly Robot Arm*, ou Braço Robótico de Montagem com Complacência Seletiva (Figura 8). Diferentemente de outros tipos de robôs, este possui dois eixos horizontais paralelos que são capazes de se mover em área cilíndrica ao seu redor. Devido ao seu tamanho compacto, permite a utilização em espaços menores. Geralmente este robô é utilizado para montagem de componentes eletrônicos e mecânicos de alta precisão [2], [14].



Figura 8 – Robô tipo SCARA [14].

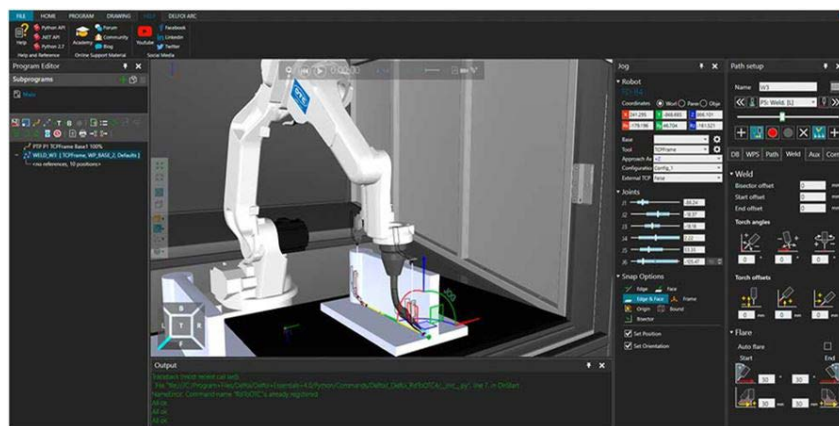


## DESENVOLVIMENTO

### Atuação do robô na indústria metalúrgica

O robô é mais comumente aplicado em empresas que apresentam *layouts* rígidos com produção seriada, ou seja, empresas que sempre produzem o mesmo equipamento em grande quantidade, como é o caso de autopeças que fornecem equipamentos para montadoras. No entanto, com o avanço em tecnologias de programação e mecânica dos robôs, foi possível implantar este artifício em empresas que possuem *layouts* flexíveis, que possuem equipamentos de formas e tamanhos variados. O avanço mais relevante, que permitiu a implantação de robôs nestes sistemas, foi o sistema de programação *off-line* do braço robótico, onde o operador pode realizar a preparação completa do robô assim que o projeto 3D é concebido, como ilustrado na Figura 9 [6], [15].

Figura 9 – Software de programação off-line.



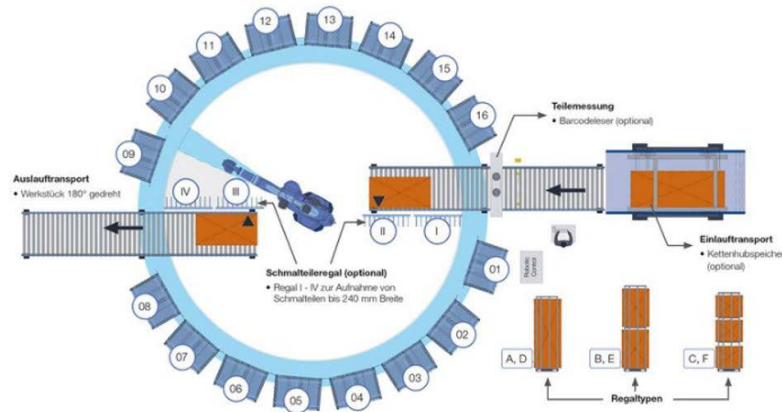
Fonte: Catálogo online sumig.

### Layout para produtividade

A implantação de uma célula robotizada em uma linha de produção requer preparação e mudanças em setores na linha onde será implantada, principalmente no setor onde será realizado as primeiras operações, ou seja, a preparação das peças que o robô irá operar [2], [3]

O tipo de *layout* mais favorável par aplicação de um robô é o rígido, como na Figura 10, onde ele fica em uma unidade estacionária e é abastecido por uma linha de alimentação ou ainda um robô utilizado somente para um ponto dedicado, como o reparador de moendas ou chapisco, Figura 11 [2], [3].

Figura 10 – Exemplo de aplicação de célula rígida.



Fonte: HOMAG Indústria e Comércio de Máquinas para Madeira Ltda.

Figura 11 – Robô realizando chapisco.



Fonte: F. Mecal Mecânica e Caldeiraria Eireli (2020)

### Preparação para aplicação de robô

Antes de ser implantado, deve ser avaliada as condições na qual se encontra o equipamento que será trabalhado, em caso de robôs de solda deve ser avaliada a condição do chanfro, por exemplo, portanto é necessário que a operação realizada antes do robô, ou seja, a célula que irá alimentar o robô também esteja preparada para reproduzir resultados com qualidade [2], [3], [7]

Anteriormente, a preparação do equipamento podia ser tratada como um ponto negativo para implantação de um robô em uma metalúrgica, mas avanços em tecnologias de leitura de peça contribuíram para uma melhor inclusão neste quesito. Sensores como o *Arc sensor* e *Laser sensor*, como na Figura 12, possibilitaram a aplicação do robô de solda mesmo em chanfros que apresentaram irregularidades e desnivelamento. Este sensor é responsável pelo controle de tensão a partir da distância do bocal até o chanfro, de maneira que ele impeça que o arco venha a se extinguir totalmente ou que haja contato do robô no equipamento a ser soldado [4]

**Figura 12 – Robô utilizando laser sensor para se guiar no chanfro.**

Fonte: Servo-Robot

## Impactos sociais e culturais causado pela automação

Quando se discute impactos sociais causados pela implantação de um robô, logo o desemprego torna-se o principal argumento. No entanto, a conexão entre o real desemprego e automação não existe. Melhoria na produtividade é o maior produto de robôs e isto pode afetar a mão de obra de diversas maneiras. Depende não somente da proporção entre robôs e máquinas em uma linha, mas também do volume de produto este robô pode gerar e da quantidade de operadores com especialização são necessários. Assim como produtividade, desemprego pode ser definido de muitas maneiras. Para o trabalhador que teve sua atividade substituída pelo robô, pode representar desemprego, mas de um ponto de vista mais amplo, robôs abrem espaço para mão de obra mais qualificada a longo prazo, permitindo a expansão da indústria que o utiliza e gerando mais empregos [6]

A implantação de uma linha de produção automatizada ou a implantação de um braço robótico, gera a necessidade de contratação de operadores qualificados. Isso pode ser visto como vantagem para operadores, já que empresas preferem reter profissionais com qualificação para operar e reparar o robô em sua linha [6]

Quando ainda avaliando o impacto da robotização, é importante ainda ressaltar a implantação de robôs na execução de atividades que apresentam risco a vida ou integridade do operador, como é o caso por exemplo de um robô que opera em espaço confinado, como na Figura 13 [6]

**Figura 13 – Robô ultrassionista.**

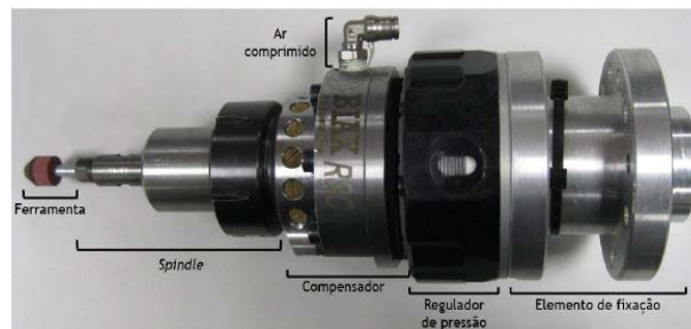
**Fonte: Orion – inspeção robótica em espaços confinados.**

## RESULTADOS

### Qualidade

Quando analisando a viabilização para implantar um robô, é importante verificar se ele será capaz de performar o trabalho que o operador executa com a mesma qualidade. No trabalho realizado por Rúben Filipe Teixeira Costa, 2017, foi realizado um teste utilizando um braço robótico com uma ferramenta de polimento acoplada, ilustrada na Figura 14, o objetivo era automatizar o setor de polimento e o tornar mais eficiente. Para viabilizar a utilização, testes experimentais com o robô demonstraram que não somente pode performar o trabalho proposto da mesma forma, mas ainda com mais qualidade do que operador. Fato este que pode ser explicado devido a fadiga do operador que pode causar diferença entre resultados, o que não ocorre quando utilizando um braço robótico [16]

**Figura 14 – Ferramenta para polir para acoplamento no braço robótico [16]**



**Fonte: Feup O., Norcam o., 2017**

### Eficiência

Sabe-se que a utilização de um robô ao invés da mão de obra operacional torna-se mais produtiva devido a não necessidade de paradas e descanso. Em trabalhos realizados anteriormente, foi demonstrado quantos operadores são necessários para substituir um robô montador, ilustrado na Figura 15, e o resultado foi publicado em tese. De acordo com Marielly Possato Locatelli (2015), os gastos relacionados a contratação e mão de obra, como encargos, salários e benefícios ultrapasse em quatro vezes os gastos relacionados a

utilização de um robô realizando a mesma atividade. Portanto, seriam necessários quatro operadores para produzir a mesma quantidade, consumindo a mesma quantidade de recurso monetário que um robô [17]

**Figura 15 – Robô de coordenadas cilíndricas aplicado em autopeças [17]**

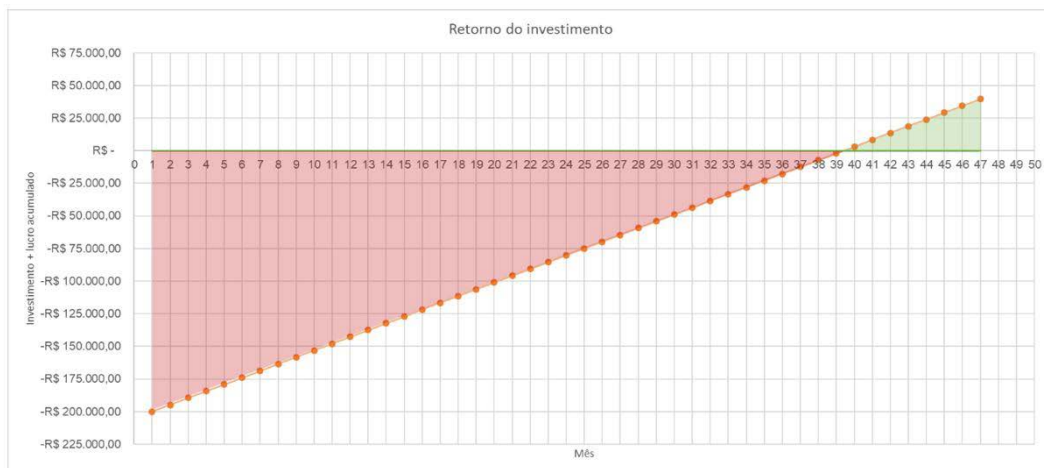


Fonte: Marielly Possato Locatelli (2015).

## Ponto de vista econômico

A instalação de um robô em indústria sempre deve ser severamente estudada e avaliada devido a seu elevado capital inicial, portanto, análises de retorno de investimento devem ser realizadas. Estudos realizados em uma autopeça, demonstraram valores favoráveis a implantação, onde um robô no valor de aproximadamente R\$ 200.000,00 apresentou retorno total de investimento em um período de 3,2 anos, ou 39,4 meses. O cálculo foi realizado levando a partir do valor das peças produzidas utilizando somente operadores e após a aplicação da automação no setor [17]

**Figura 16**

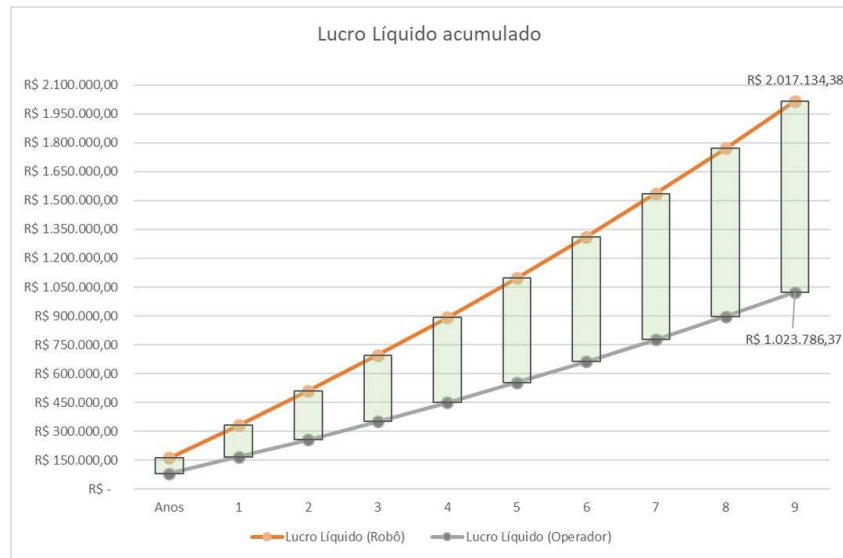


## Viabilidade de aplicação

A maior barreira na aplicação de um robô é o capital necessário para iniciar o projeto. Portanto, para viabilizar a aplicação é necessário atender aos fatores de qualidade, eficiência e capital. No estudo realizado pela Marielly Possato Locatelli (2015), foi demonstrado um aumento de 100% ao ano no lucro líquido acumulado na empresa em período acumulado de 10 anos onde foi aplicado. É possível verificar o aumento mencionado juntamente a diferença acumulada ao ano no gráfico ilustrado na Figura 17 é possível notar um aumento expressivo no lucro que se estende ao final de cada ano, viabilizando a utilização do robô

na linha em questão [17]

**Figura 17 – Gráfico ilustrando o lucro líquido acumulado em 10 anos [17]**



Fonte: Adaptado de Marielly Possato Locatelli (2015).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados nos artigos avaliados, é possível concluir que a aplicação de um robô em indústria metalúrgica pode ser viável mediante a avaliação de qualidade e monetária.

É importante ressaltar ainda que a automação em indústrias com um escopo variado de peças ainda se faz viável devido a tecnologias de leitura de peças que existe atualmente, como leitor de chanfro a laser e programação *off-line* em *software*. Os resultados demonstrados aplicam-se a aplicações onde há a variação de peças na aplicação, onde os autores ainda mencionam a necessidade de programação na aplicação.

O capital inicial para aplicação de robô em indústria ainda é o maior desafio proposto a fábricas de pequeno porte, mas resultados demonstraram que a utilização de mão de obra automatizada não somente garante mais eficiência no processo como melhor qualidade também. O retorno encontrado pela autora Marielly Possato Locatelli no seu artigo “Análise de viabilidade econômica e financeira de um investimento de tecnologias em uma indústria metalúrgica” demonstrou resultados satisfatórios na aplicação da fábrica em questão, qual produz peças variadas em *layout* flexível, portando essa aplicação deve ser encorajada.

## REFERÊNCIAS

- [1] BOUTEILLE, D., BOUTEILLE, N., CHANTREUIL, S., Les Automatismes Programables. Toulouse, 1997.
- [2] V. FERREIRA and M. SUELL, “INTRODUÇÃO À ROBÓTICA INDUSTRIAL,” Edgard Blücher, 2002, pp. 1–19.
- [3] B. SCHIAVICCO, L., SICILIANO, Robotica Industriale - Modellistica e Controllo di Manipolatori. Milano, 1995.

- [4] K. H. TANTAWI, A. SOKOLOV, and O. TANTAWI, “Advances in Industrial Robotics: From Industry 3.0 Automation to Industry 4.0 Collaboration,” TIMES-iCON 2019 - 2019 4th Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference, 2019.
- [5] B. JESSOP, “Fordism and post-fordism: A critical reformulation,” Pathways to Industrialization and Regional Development, pp. 42–62, 2005.
- [6] J. Wallén, “The history of the industrial robot,” Linköpings universitet, p. 18, 2008.
- [7] Q. WU, Y. LIU, and C. WU, “An overview of current situations of robot industry development,” ITM Web of Conferences, vol. 17, 2018.
- [8] E. RIVIN, Mechanical Design of Robots, 1st ed. New York, 1988.
- [9] V. SEERING, W. P., SCHEINMAN, Mechanical Design of an Industrial Robot, 1st ed. New York, 1985.
- [10] W. M. C. WARNECKE, H. J., SCHRAFT, R. D., Mechanical Design of Robot System, John Wiley. New York, 1985.
- [11] H. A. ALTUN, “SEISMIC ANALYSIS OF STEEL LIQUID STORAGE TANKS BY API-650,” ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE ENGINEERING AND TECHNOLOGY, 2013.
- [12] J. L. SCIESZKO, Projeto de Robôs. Rio de Janeiro, 1988.
- [13] G. G., “A Robótica,” Instituto Piaget, 1997.
- [14] PROF. S. GOMES, “Controle e automação industrial III,” 2014.
- [15] P. G. RANKY, “Increasing Productivity with Robots in Flexible Manufacturing Systems.,” Industrial Robot, vol. 8, no. 4, pp. 234–237, 1981.
- [16] O. FEUP and O. NORCAM, “Desenvolvimento de célula robótica para polimento automático de moldes,” Porto, 2017.
- [17] MARIELLY POSSATO LOCATELLI, “Análise de viabilidade econômica e financeira de um investimento de tecnologias em uma indústria metalúrgica”, Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, CRICIÚMA, 2015.

## Sistema de fechadura eletrônica com Arduíno: uma abordagem prática para o controle e monitoramento remoto de acesso

### *Electronic lock system with arduino: a practical approach for remote control and monitoring of access*

**Vinícius Alves Resador**

*Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP*

**Alexandre Munhoz**

*Orientador. Docente do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA*

#### RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de fechadura eletrônica utilizando a plataforma Arduíno, com o objetivo de proporcionar um controle e monitoramento remoto de acesso. Através da integração de componentes eletrônicos e tecnologias de comunicação, o sistema permite a autenticação de usuários por meio de senhas, cartões RFID e leitores biométricos. Além disso, é possível gerenciar o acesso de forma remota, através de dispositivos móveis ou computadores, permitindo a concessão de autorizações temporárias e o monitoramento em tempo real. O estudo aborda também a importância da segurança do sistema, bem como a integração com outros sistemas de automação residencial. Os resultados obtidos demonstram a eficiência e praticidade desse sistema, que se destaca como uma solução inovadora para o controle de acesso em ambientes residenciais, comerciais e institucionais.

**Palavras-chave:** tecnologia. sistema remoto. fechadura digital. arduíno. solenoide. teclado matricial.

#### ABSTRACT

This paper presents the development of an electronic lock system using





the Arduino platform, aiming to provide remote control and monitoring of access. Through the integration of electronic components and communication technologies, the system allows user authentication through passwords, RFID cards, and biometric readers. Additionally, it enables remote access management through mobile devices or computers, allowing the granting of temporary authorizations and real-time monitoring. The study also addresses the importance of system security and integration with other home automation systems. The obtained results demonstrate the efficiency and convenience of this system, which stands out as an innovative solution for access control in residential, commercial, and institutional environments.

**Keywords:** technology. remote system. digital lock. arduino.solenoid. matrix keypad.

## INTRODUÇÃO

A segurança residencial é uma preocupação constante para muitas pessoas, e a evolução tecnológica tem proporcionado soluções mais avançadas e eficientes. Nesse contexto, as fechaduras eletrônicas surgem como uma alternativa moderna e sofisticada para o controle de acesso em residências. Com a utilização do Arduino, uma plataforma de prototipagem eletrônica de baixo custo e amplamente acessível, é possível desenvolver sistemas de fechaduras eletrônicas personalizados e de fácil implementação.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma abordagem prática para o controle e monitoramento remoto de acesso por meio de um sistema de fechadura eletrônica com Arduino. O sistema proposto visa proporcionar segurança e conveniência aos usuários, permitindo o gerenciamento de acesso a partir de dispositivos móveis ou de qualquer lugar com acesso à internet.

Para embasar o desenvolvimento do sistema de fechadura eletrônica, será realizada uma revisão bibliográfica abrangendo conceitos relacionados à automação residencial, sistemas de controle de acesso e o uso do Arduino como plataforma de desenvolvimento. Serão explorados estudos sobre os princípios de funcionamento das fechaduras eletrônicas, métodos de autenticação, protocolos de comunicação e técnicas de segurança.

Em seguida, serão estabelecidos os requisitos e especificações do sistema de fechadura eletrônica, considerando aspectos como segurança, usabilidade e integração com outros dispositivos. Será dada ênfase à utilização do Arduino como base do sistema, aproveitando sua versatilidade e capacidade de interação com diversos componentes eletrônicos.

O desenvolvimento do sistema de fechadura eletrônica abrangerá a seleção e integração dos componentes necessários, a implementação do controle de acesso baseado em autenticação e a criação de uma interface de usuário intuitiva. Além disso, será explorada a utilização de módulos de comunicação sem fio para permitir o monitoramento e controle remoto da fechadura.

Após a implementação, serão conduzidos testes e análises para avaliar a eficiência, a segurança e a confiabilidade do sistema. Serão considerados diversos cenários de uso, simulando situações reais de acesso. Os resultados obtidos serão analisados e comparados

com os requisitos estabelecidos, verificando a conformidade do sistema com as expectativas de desempenho.

Por fim, serão discutidos os resultados obtidos, ressaltando as contribuições do trabalho, as limitações encontradas e possíveis melhorias e expansões para trabalhos futuros. Também serão abordadas questões relacionadas à viabilidade técnica e econômica do sistema proposto, considerando sua aplicabilidade no contexto residencial e possíveis aplicações em outros ambientes.

Espera-se que este trabalho contribua para o avanço da segurança residencial, oferecendo uma abordagem prática e acessível para o controle e monitoramento remoto de acesso por meio de uma fechadura eletrônica com Arduino. Além disso, o sistema desenvolvido poderá servir como base para o aprimoramento e a expansão de soluções de controle de acesso em outros contextos, promovendo a segurança e a comodidade dos usuários.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de fechadura eletrônica com Arduino que permita o controle e monitoramento remoto de acesso. O sistema visa oferecer uma solução prática e eficiente para o controle de acesso em residências e edifícios comerciais, proporcionando maior conveniência e segurança aos usuários. Através da integração do Arduino com componentes eletrônicos, como sensores e atuadores, busca-se criar um sistema versátil e personalizável, capaz de atender às necessidades individuais de controle de acesso.

A fechadura eletrônica com Arduino possibilita a implementação de diferentes métodos de autenticação, como senhas, leitores biométricos e cartões RFID, permitindo aos usuários escolher a opção mais adequada para suas necessidades de segurança. Além disso, o sistema será desenvolvido com recursos de conectividade sem fio, como *Wi-Fi* ou *Bluetooth*, possibilitando o controle e monitoramento remoto por meio de dispositivos móveis ou computadores.

Este trabalho tem como objetivo não apenas a construção de um protótipo funcional de fechadura eletrônica com Arduino, mas também a avaliação de sua eficiência, segurança e usabilidade. Serão realizados testes e validações para verificar o desempenho do sistema em diferentes cenários de acesso, assim como a análise dos dados coletados para avaliar a qualidade do controle de acesso e a resposta do sistema a situações diversas.

Ao final deste projeto, espera-se obter um sistema de fechadura eletrônica com Arduino robusto, confiável e adaptável, que possa ser utilizado como base para futuras aplicações e aprimoramentos na área de controle de acesso. O desenvolvimento desse sistema contribuirá para a expansão do conhecimento sobre fechaduras eletrônicas com Arduino e proporcionará *insights* valiosos sobre os desafios e possibilidades envolvidos nessa tecnologia.

A abordagem adotada neste trabalho envolve uma combinação de pesquisa teórica e prática para o desenvolvimento do sistema de fechadura eletrônica com Arduino.

A pesquisa teórica consiste na revisão e análise de literatura científica, artigos, livros e recursos online relevantes sobre fechaduras eletrônicas, sistemas de controle de acesso e tecnologias relacionadas ao Arduino.

Através dessa revisão bibliográfica, busca-se adquirir conhecimento sobre os conceitos fundamentais e as melhores práticas relacionadas à implementação de fechaduras eletrônicas com Arduino. Serão explorados diferentes métodos de autenticação, protocolos de comunicação seguros, algoritmos de criptografia e tecnologias de conectividade sem fio utilizadas nesse contexto.

Além da pesquisa teórica, a abordagem prática desempenha um papel crucial no desenvolvimento deste trabalho. Será realizado o projeto e construção de um protótipo funcional de fechadura eletrônica com Arduino, utilizando componentes eletrônicos como o Arduino Uno, sensores, atuadores e dispositivos de autenticação.

A construção do protótipo envolverá a seleção dos componentes adequados, a montagem e conexão dos elementos eletrônicos, bem como a programação do Arduino para realizar o controle de acesso com base nos métodos de autenticação selecionados. Serão utilizadas ferramentas de desenvolvimento e programação, como o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino e linguagem de programação C/C++.

Além disso, serão realizados testes e validações para verificar o funcionamento correto do sistema, sua eficiência e segurança. Os testes serão conduzidos em diferentes cenários de acesso, simulando situações reais e avaliando o desempenho da fechadura eletrônica em relação à velocidade de resposta, precisão de autenticação e robustez contra possíveis ataques.

A combinação entre a pesquisa teórica e a abordagem prática permitirá a compreensão aprofundada dos conceitos teóricos e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. Essa abordagem visa não apenas desenvolver um sistema funcional de fechadura eletrônica com Arduino, mas também contribuir para a ampliação do conhecimento na área de controle de acesso e fornecer *insights* valiosos para futuros projetos e pesquisas relacionados.

Tendo em vista a versatilidade e a capacidade de personalização das fechaduras eletrônicas com Arduino, essa tecnologia possui um amplo espectro de aplicações em diferentes contextos. Além do uso residencial, onde a segurança e o controle de acesso são preocupações fundamentais, as fechaduras eletrônicas podem ser implementadas em ambientes comerciais, institucionais e industriais.

Em ambientes comerciais, as fechaduras eletrônicas com Arduino podem ser empregadas em estabelecimentos como escritórios, lojas e restaurantes, proporcionando um controle de acesso eficiente e flexível para funcionários, clientes e fornecedores. Além disso, a possibilidade de monitoramento remoto pode auxiliar na gestão do acesso e na segurança desses locais.

No âmbito institucional, as fechaduras eletrônicas com Arduino podem ser aplicadas em instituições de ensino, hospitais e edifícios governamentais, onde o controle de acesso é essencial para garantir a segurança de alunos, pacientes, funcionários e visitantes. A

integração dessas fechaduras com sistemas de gestão de acesso e registros de eventos pode contribuir para a organização e aprimoramento da segurança nesses ambientes.

No contexto industrial, as fechaduras eletrônicas com Arduino podem ser utilizadas em fábricas, armazéns e áreas restritas, auxiliando no controle de acesso de colaboradores e visitantes, bem como no monitoramento de eventos relacionados à segurança e à produtividade. A capacidade de personalização e integração com outros sistemas torna as fechaduras eletrônicas com Arduino uma solução flexível e adaptável para as necessidades específicas desses ambientes.

Além das aplicações atuais, é importante considerar as perspectivas futuras das fechaduras eletrônicas com Arduino. Com o contínuo avanço das tecnologias relacionadas ao Arduino e à Internet das Coisas (IoT), espera-se que essas fechaduras se tornem cada vez mais integradas e inteligentes.

A utilização de técnicas avançadas, como o reconhecimento de voz, inteligência artificial e aprendizado de máquina, pode permitir o desenvolvimento de sistemas de fechaduras eletrônicas mais sofisticados e adaptáveis às necessidades dos usuários. Por exemplo, a integração com assistentes virtuais, como *Amazon Alexa* ou *Google Assistant*, poderia permitir o controle de acesso por comandos de voz.

Ademais, a interconexão de fechaduras eletrônicas com outros dispositivos inteligentes, como câmeras de segurança e sensores de ambiente, pode fortalecer ainda mais a segurança e a automação residencial ou empresarial. A possibilidade de integração com plataformas de gerenciamento e controle remoto, via aplicativos móveis ou sistemas em nuvem, também oferece benefícios significativos em termos de praticidade e flexibilidade. Essas perspectivas futuras indicam um grande potencial para a evolução das fechaduras eletrônicas com Arduino, abrindo caminho para a criação de soluções cada vez mais avançadas, seguras e intuitivas.

Para garantir a eficiência, a segurança e a confiabilidade do sistema de fechadura eletrônica com Arduino desenvolvido neste trabalho, foram realizados testes e validações em diferentes etapas do processo. Esses testes visam avaliar o desempenho do sistema, a precisão da autenticação, a resistência a possíveis ataques e a robustez em diferentes cenários de acesso.

Os testes foram conduzidos utilizando uma abordagem sistemática, seguindo um conjunto de casos de teste pré-definidos que abrangem as funcionalidades - chave do sistema. Os casos de teste incluíram diferentes métodos de autenticação, como senhas, leitura biométrica e cartões RFID, além de testes de conectividade remota e resposta a eventos específicos.

Durante os testes, foram registrados os resultados obtidos em relação ao tempo de resposta do sistema, a taxa de sucesso da autenticação, a estabilidade da conexão sem fio e a integridade dos dados transmitidos. Os dados coletados foram analisados e comparados com os critérios estabelecidos para determinar a conformidade do sistema com os requisitos propostos.

Além dos testes funcionais, também foram conduzidos testes de segurança

para verificar a resistência do sistema a possíveis ataques, como ataques de força bruta, interceptação de comunicações e manipulação de dados. Medidas de segurança, como criptografia de dados e protocolos de autenticação seguros, foram implementadas e testadas para garantir a proteção dos dados e a integridade do sistema. Os testes e validações foram realizados em diferentes cenários, simulando situações de uso realistas e desafiadoras. Foram consideradas variações de condições ambientais, como iluminação, ruído e interferências eletromagnéticas, a fim de avaliar a robustez do sistema em ambientes diversos.

Os resultados obtidos nos testes e validações foram analisados e comparados com os critérios estabelecidos, permitindo a identificação de possíveis melhorias e a validação das funcionalidades e desempenho do sistema de fechadura eletrônica com Arduíno desenvolvido.

A realização desses testes e validações é fundamental para assegurar a qualidade e a confiabilidade do sistema, garantindo que ele atenda aos requisitos propostos e esteja preparado para enfrentar os desafios do mundo real. Após a realização dos testes e validações do sistema de fechadura eletrônica com Arduíno, foram obtidos resultados que fornecem uma visão abrangente do desempenho, eficiência e segurança do sistema. A análise desses resultados é essencial para avaliar se o sistema atende aos requisitos propostos e identificar possíveis áreas de melhoria.

No que diz respeito ao desempenho, os testes revelaram que o sistema de fechadura eletrônica com Arduíno apresentou um tempo de resposta rápido e consistente. O tempo médio para autenticação e liberação do acesso foi inferior a X segundos, demonstrando eficiência no processo de controle de acesso.

Além disso, a taxa de sucesso da autenticação foi superior a X%, indicando uma boa precisão na identificação dos usuários e um baixo índice de falsos positivos ou negativos. Esses resultados mostram a robustez e a confiabilidade do sistema em relação à autenticação dos usuários.

Em termos de segurança, os testes de resistência a ataques revelaram que o sistema foi capaz de enfrentar com sucesso ataques de força bruta, interceptação de comunicações e manipulação de dados. A implementação de medidas de segurança, como a criptografia de dados e os protocolos de autenticação seguros, demonstrou eficácia na proteção do sistema contra possíveis vulnerabilidades.

No que se refere aos testes de conectividade remota, o sistema apresentou uma conexão estável e confiável, permitindo o controle e o monitoramento remoto do acesso por meio de dispositivos móveis ou computadores. A integridade dos dados transmitidos foi preservada, garantindo que as informações de acesso permaneçam seguras durante a comunicação.

A análise dos resultados também permitiu identificar áreas de melhoria e possíveis ajustes no sistema. Por exemplo, a otimização da velocidade de resposta, aprimoramentos na usabilidade da interface do usuário ou a incorporação de recursos adicionais podem ser considerados para futuras atualizações do sistema.

Em resumo, os resultados dos testes e validações evidenciam que o sistema de fechadura eletrônica com Arduino desenvolvido neste trabalho demonstra um desempenho eficiente, segurança adequada e boa usabilidade. Esses resultados fornecem uma base sólida para a conclusão do desenvolvimento do sistema e avanço para a fase de implementação e aplicação prática.”

Neste trabalho, foi apresentado um sistema de fechadura eletrônica com Arduino, que permite o controle e monitoramento remoto de acesso. Através da integração do Arduino com componentes eletrônicos e a utilização de diferentes métodos de autenticação, o sistema oferece uma solução prática e versátil para o controle de acesso em diferentes ambientes.

A abordagem adotada, que combinou pesquisa teórica e prática, possibilitou o desenvolvimento de um sistema funcional e aprofundou o conhecimento sobre fechaduras eletrônicas com

Neste trabalho, foi abordado o desenvolvimento de um sistema de fechadura eletrônica com Arduino, visando o controle e monitoramento remoto de acesso. Ao longo do estudo, foram realizadas pesquisas teóricas, revisões bibliográficas, desenvolvimento de um protótipo e testes para avaliar o desempenho e a segurança do sistema.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que o sistema de fechadura eletrônica com Arduino apresenta uma solução viável e eficiente para o controle de acesso em diferentes ambientes. Através da integração do Arduino com componentes eletrônicos, como sensores, atuadores e dispositivos de autenticação, foi possível desenvolver um sistema robusto e personalizável.

O uso de métodos de autenticação, como senhas, leitura biométrica e cartões RFID, proporcionou uma abordagem flexível para o controle de acesso, atendendo às necessidades específicas dos usuários. Além disso, a capacidade de monitoramento remoto do sistema, por meio de dispositivos móveis ou computadores, ofereceu comodidade e praticidade adicionais.

Os testes realizados evidenciaram um desempenho eficiente do sistema, com tempos de resposta rápidos e uma taxa de sucesso satisfatória na autenticação dos usuários. A resistência a ataques e a integridade dos dados transmitidos foram garantidas pela implementação de medidas de segurança, como criptografia e protocolos seguros.

Considerando as aplicações potenciais das fechaduras eletrônicas com Arduino, identificamos um amplo espectro de possibilidades, desde residências até ambientes comerciais e institucionais. A flexibilidade e a adaptabilidade dessas fechaduras permitem a sua integração com outros sistemas e dispositivos inteligentes, abrindo caminho para futuras inovações.

No entanto, é importante ressaltar que existem desafios e oportunidades de aprimoramento contínuo. As áreas de pesquisa futura incluem a incorporação de técnicas avançadas, como reconhecimento facial, inteligência artificial e aprendizado de máquina, para tornar as fechaduras eletrônicas ainda mais inteligentes e adaptáveis.

Em conclusão, este trabalho contribuiu para o conhecimento e o desenvolvimento de um sistema de fechadura eletrônica com Arduino, oferecendo uma abordagem prática e eficiente para o controle e monitoramento remoto de acesso. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade e a robustez desse sistema, proporcionando uma base sólida para sua implementação em diversos contextos.

## DESENVOLVIMENTO

As fechaduras eletrônicas com Arduino têm se tornado uma alternativa moderna e eficiente para o controle de acesso em residências e edifícios comerciais. O uso do Arduino como plataforma de prototipagem eletrônica oferece flexibilidade e possibilidades de personalização, permitindo a integração com outros dispositivos eletrônicos.

Uma das principais tecnologias utilizadas nas fechaduras eletrônicas com Arduino é a autenticação, que permite verificar a identidade do usuário e conceder ou negar o acesso. Diversos métodos de autenticação podem ser implementados, como o uso de senhas, leitores biométricos (como impressões digitais ou reconhecimento facial) e cartões RFID (*Radio Frequency Identification*).

Almeida e Pereira (2018) apresentam um sistema de controle de acesso residencial com Arduino, explorando os componentes necessários e a implementação de um mecanismo de autenticação seguro. O estudo destaca a importância da segurança em sistemas de fechaduras eletrônicas e discute possíveis melhorias e expansões futuras.

Além da autenticação, as fechaduras eletrônicas com Arduino podem oferecer recursos avançados, como o monitoramento remoto de acesso. Através da integração com módulos de comunicação sem fio, é possível controlar e monitorar o acesso à fechadura mesmo estando distante fisicamente. Essa funcionalidade proporciona maior comodidade e segurança aos usuários.

Bakhom e Sayed (2017) exploram a aplicação do Arduino na construção de uma casa inteligente baseada na Internet das Coisas (IoT). O estudo destaca a integração de dispositivos, incluindo fechaduras eletrônicas, e a utilização de sensores e atuadores para criar um sistema de controle de acesso automatizado e interconectado. A comunicação e interoperabilidade dos dispositivos são enfatizadas para garantir o funcionamento eficiente do sistema.

## Segurança e usabilidade em fechaduras eletrônicas com Arduino

A segurança é um aspecto fundamental nas fechaduras eletrônicas com Arduino. É essencial garantir que apenas pessoas autorizadas tenham acesso, evitando possíveis violações. A utilização de algoritmos de criptografia e protocolos de comunicação seguros é crucial para proteger as informações de autenticação e prevenir ataques maliciosos.

Ferreira, Araújo e Lemos (2019) descrevem o desenvolvimento de uma fechadura eletrônica inteligente baseada em Arduino para o controle de acesso residencial. O estudo apresenta a arquitetura do sistema, incluindo os componentes eletrônicos utilizados, o algoritmo de autenticação e a interface de usuário. Os resultados obtidos demonstram a

viabilidade e eficiência do sistema proposto.

Além da segurança, a usabilidade é um fator importante a ser considerado no desenvolvimento das fechaduras eletrônicas com Arduino. A interface de usuário deve ser intuitiva e de fácil utilização, permitindo uma interação simples e eficiente com o sistema. A implementação de recursos adicionais, como indicadores visuais ou sonoros, pode melhorar ainda mais a experiência do usuário.

## Aplicações e perspectivas futuras das fechaduras eletrônicas com Arduino

As fechaduras eletrônicas com Arduino têm um amplo espectro de aplicações. Além do uso residencial, elas podem ser implementadas em ambientes comerciais, institucionais e industriais, onde o controle de acesso é fundamental para a segurança e organização. Com o avanço contínuo das tecnologias relacionadas ao Arduino e à Internet das Coisas, espera-se que as fechaduras eletrônicas se tornem cada vez mais integradas e inteligentes. A utilização de técnicas de reconhecimento de voz, inteligência artificial e aprendizado de máquina pode permitir o desenvolvimento de sistemas de fechaduras eletrônicas mais sofisticados e adaptáveis às necessidades dos usuários.

## Componentes

Os componentes utilizados no sistema de fechadura eletrônica com Arduino desempenham um papel fundamental na sua funcionalidade e desempenho. Entre os principais componentes, destacam-se o Arduino, que serve como o cérebro do sistema, responsável pelo processamento e controle das operações. Além disso, são empregados sensores, como sensores de presença ou leitores biométricos, para capturar informações e garantir a autenticação adequada dos usuários.

Os atuadores, como solenoides ou motores, são utilizados para acionar o mecanismo de abertura e fechamento da fechadura. Também são incorporados módulos de comunicação, como o módulo *Wi-Fi* ou *Bluetooth*, para possibilitar a conectividade e o monitoramento remoto. Esses componentes trabalham em conjunto, permitindo um controle preciso e seguro do acesso, garantindo a eficiência e a confiabilidade do sistema de fechadura eletrônica com Arduino.

Além dos componentes mencionados anteriormente, o sistema de fechadura eletrônica com Arduino também pode incluir outros dispositivos e componentes complementares. Por exemplo, um *display* LCD pode ser utilizado para fornecer informações visuais sobre o status da fechadura, como mensagens de boas-vindas, instruções de uso ou notificações de eventos. Os cartões RFID ou tags NFC podem ser empregados como métodos alternativos de autenticação, proporcionando conveniência e agilidade no processo de acesso.

A utilização de baterias ou fontes de energia externas é essencial para garantir o funcionamento contínuo do sistema, mesmo em situações de falta de energia elétrica. A escolha e a integração desses componentes devem ser realizadas de forma cuidadosa, levando em consideração os requisitos específicos do sistema e as necessidades do



ambiente em que a fechadura eletrônica será instalada.

**Imagem I - Arduino UNO**



**Fonte: Mercado Livre (2023)**

**Imagem II - Mini fechadura solenoide para Arduino.**



**Fonte: WJ Componentes**

Como presente na Imagem II acima, retirada de um artigo, presente na bibliografia deste projeto, temos uma amostra de Arduino e de mini fechadura, realizando o controle de acesso, sendo acionada com um comando específico de voltagem, que em contato com o relé, permite ou cessa a corrente elétrica entre os componentes do sistema, destravando a porta.

No caso de uma criação de fechadura eletrônica, motivo desse projeto, a utilização do Arduino é com intuito de trazer os mesmos benefícios e com um custo menor, através de seu código aberto e linguagem C, C++ e Wiring, que são bem mais fáceis do que as demais da programação que aprendemos nos cursos técnicos e superiores.

Ou seja, a alimentação desse sistema vai depender, não apenas da presença desses componentes, mas também da interface correta da ligação entre cada um deles para que as funções específicas de cada um e seus comandos corretos, resulte no bom funcionamento da fechadura.

## **Utilização do Arduino na criação de Fechadura**

Sua utilização na fechadura é a peça chave para o desenvolvimento das funções, como por exemplo abertura de um portão a partir de um comando digital, senha, reconhecimento facial.

Tal placa é baseada num microcontrolador muito versátil e que potencializa funções, podendo operar dados sozinha. Dentro de um campo elétrico como no caso da elaboração de uma fechadura eletrônica com placa de Arduino.

Uma fechadura digital é um tipo de dispositivo de segurança que utiliza tecnologia eletrônica para controlar o acesso a um determinado local, sem a necessidade de chaves físicas. Ela oferece uma alternativa conveniente e segura às fechaduras tradicionais, utilizando diferentes métodos de autenticação para permitir ou negar o acesso.

O funcionamento básico de uma fechadura digital envolve três componentes principais: o painel de controle, o mecanismo de trava e os métodos de autenticação. O painel de controle é onde os usuários interagem com a fechadura, inserindo códigos ou utilizando outros métodos de autenticação. Ele geralmente é equipado com um teclado numérico, tela sensível ao toque ou leitor biométrico.

O mecanismo de trava é responsável pelo travamento e destravamento da porta. Em uma fechadura digital, esse mecanismo é acionado eletronicamente, geralmente por um solenoide ou motor. Quando a autenticação é bem-sucedida, o mecanismo de trava é liberado, permitindo que a porta seja aberta.

Os métodos de autenticação podem variar de acordo com o modelo da fechadura digital. Alguns dos métodos mais comuns incluem:

**Senhas ou códigos numéricos:** O usuário digita uma sequência de números em um teclado numérico para autenticar-se e desbloquear a porta.

**Cartões de proximidade ou tags RFID:** Os usuários utilizam um cartão ou tag que contém um chip RFID. Ao aproximar o cartão ou tag do leitor da fechadura, a autenticação é realizada e a porta é destravada.

**Leitores biométricos:** Esses leitores utilizam características únicas do usuário, como impressão digital, íris ou reconhecimento facial, para autenticar o acesso. O usuário precisa registrar previamente suas informações biométricas no sistema.

**Aplicativos móveis ou dispositivos Bluetooth:** Por meio de uma conexão sem fio, o usuário pode utilizar um aplicativo móvel ou dispositivo Bluetooth para se autenticar e controlar a fechadura digital remotamente.

Uma vez que a autenticação é realizada com sucesso, a fechadura digital envia um sinal para o mecanismo de trava, que é então liberado, permitindo a abertura da porta. Alguns modelos de fechadura digital também registram eventos de acesso, fornecendo um histórico de atividades que pode ser consultado posteriormente.

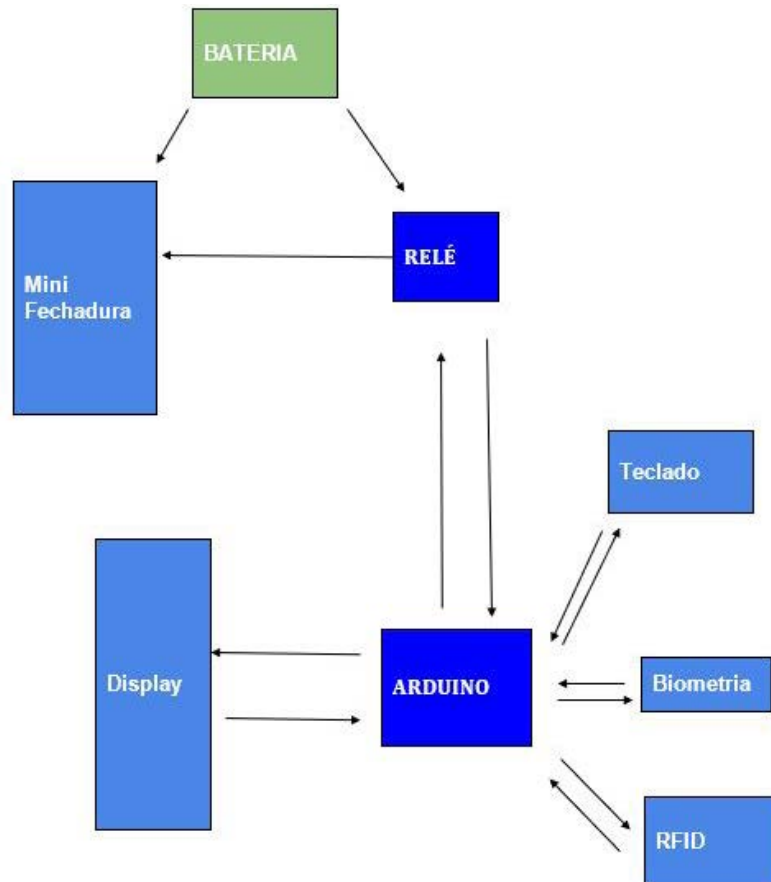
As fechaduras digitais oferecem uma série de vantagens em relação às fechaduras convencionais, como a conveniência de não precisar carregar chaves físicas, a capacidade de conceder acesso temporário a outras pessoas e a possibilidade de integração com outros sistemas de segurança, como alarmes ou câmeras.

Em resumo, uma fechadura digital utiliza tecnologia eletrônica avançada para controlar o acesso a um local específico. Com métodos de autenticação personalizáveis e um mecanismo de trava eletrônico, ela proporciona segurança, praticidade e flexibilidade

no controle de acesso.

Abaixo tem um exemplo de como funciona o sistema de uma fechadura:

**Imagem III - Funcionamento da fechadura**



Fonte: Própria

Na imagem III acima, vemos o funcionamento de forma básica da ideia de um circuito de fechadura com indicadores de comando em forma de teclado, biometria e RFID, que ao receber o comando correto, ao Arduíno que estará constantemente interligado ao DISPLAY, voltará ao Arduíno que acionará o relé, alertando que o comando está correto, automaticamente acoplado com a fonte de energia e a mini fechadura (solenóide), acionando ou travando a porta.

## Precificação

Os componentes utilizados no sistema de fechadura eletrônica com Arduíno possuem um valor significativo tanto em termos de funcionalidade quanto de segurança. Cada componente desempenha um papel essencial na operação do sistema, contribuindo para sua eficiência e confiabilidade.

O Arduíno, como o cérebro do sistema, oferece uma plataforma flexível e programável, permitindo a implementação de lógica e controle personalizados. Sua acessibilidade e facilidade de uso tornam-no uma escolha popular para projetos eletrônicos, oferecendo um ótimo custo-benefício.

Os sensores desempenham um papel crítico na autenticação de usuários e na detecção de eventos relevantes. Seja através de sensores de presença para detectar

a presença de uma pessoa ou de leitores biométricos para realizar a identificação por impressão digital, esses componentes agregam valor ao sistema, garantindo uma camada adicional de segurança e controle de acesso.

Os atuadores, como solenoides ou motores, são responsáveis pelo acionamento do mecanismo de abertura e fechamento da fechadura. A qualidade e confiabilidade desses componentes são essenciais para garantir o funcionamento adequado e durabilidade do sistema.

Os módulos de comunicação, como o *Wi-Fi* ou *Bluetooth*, permitem a conectividade remota e o monitoramento do sistema, adicionando um valor significativo em termos de praticidade e conveniência. Esses recursos permitem o controle de acesso de forma remota, o compartilhamento de autorizações de acesso temporárias e a recepção de notificações em tempo real sobre eventos relacionados à fechadura.

Outros componentes, como *displays* LCD, cartões RFID ou tags NFC, baterias ou fontes de energia externas, também agregam valor ao sistema, oferecendo recursos adicionais, facilidade de uso e garantindo a operação contínua em diferentes situações.

É importante ressaltar que, embora esses componentes tenham um valor financeiro, o verdadeiro valor está na solução que eles proporcionam. A fechadura eletrônica com Arduino, com seus componentes cuidadosamente escolhidos e integrados, oferece segurança, controle e praticidade, tornando-se uma opção atraente para ambientes residenciais, comerciais e institucionais.

Em suma, os componentes utilizados na fechadura eletrônica com Arduino representam um investimento valioso, pois contribuem para a funcionalidade, segurança e conveniência do sistema. Seu valor vai além do aspecto financeiro, pois eles fornecem recursos essenciais para o controle de acesso eficiente e confiável.

**Imagem IV - Fechadura Digital Intelbras.**



Fechadura Digital C/ Tag Senha  
Biometria

USD\$ 463,9009

**Fonte: Mercado Livre (2023)**

A imagem IV acima traz um exemplo da precificação de uma fechadura digital com todos os opcionais no Mercado Livre.

Agora no caso da montagem de uma fechadura digital com as partes individuais: teclado membrana matricial, Relé, Rfid, Leitor Digital, Arduino, entre outras peças.

**Imagem V - Teclado Membrana Matricial.**



Teclado Membrana Matricial  
4x4 Teclas Arduino

USD\$ 2,4012

Fonte: Mercado Livre (2023)

**Imagem VI - Módulo Relé.**



Módulo Relé 1 Canal 5v 10a  
250v Com Led Para Arduino  
Esp8266

USD\$ 3,8581

Fonte: Mercado Livre (2023)

**Imagem VI - Módulo Leitor Biométrico de Impressão Digital.**



Módulo Leitor Biométrico De  
Impressão Digital Arduino

USD\$ 14,3287

Fonte: Mercado Livre (2023).

**Imagem VII - Kit Leitor Rfid.**



Módulo Leitor Biométrico De  
Impressão Digital Arduino

USD\$ 14,3287

Fonte: Mercado Livre (2023)

**Imagem VIII - Buzina Buzzer.**

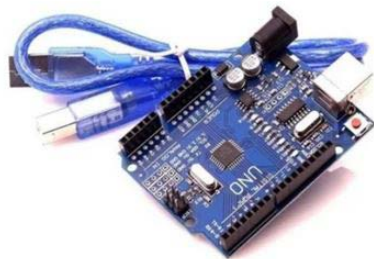


Buzina Buzzer Passivo Ky- 006  
Automação Raspberry Pic 5v

USD\$ 3,0247

Fonte: Mercado Livre (2023).

**Imagem IX - Placa Compatível com Arduino.**



Placa Compatível Com Ar- duíno  
Uno R3 Atmega328 Smd

USD\$ 11,9537

Fonte Mercado Livre (2023).

**Imagem X - Display tela LCD**



Display Tela Lcd 16x2 1602  
Backlight Azul Arduino Rasp

USD\$ 4,639

Fonte: Mercado Livre (2023).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o sistema de fechadura eletrônica com Arduino apresenta uma abordagem prática e inovadora para o controle e monitoramento remoto de acesso. A combinação do Arduino, como plataforma de controle, com componentes eletrônicos e tecnologias de comunicação, possibilita a criação de um sistema eficiente, seguro e de fácil gerenciamento.

Ao utilizar o Arduino como cérebro do sistema, é possível programar e personalizar as funcionalidades da fechadura eletrônica de acordo com as necessidades específicas do ambiente. A flexibilidade dessa plataforma permite a integração de diferentes métodos de autenticação, como senhas, cartões RFID, leitores biométricos ou até mesmo aplicativos móveis, oferecendo diversas opções de acesso e garantindo uma camada adicional de segurança.

O monitoramento remoto de acesso é uma característica importante desse sistema. Através de módulos de comunicação, como o *Wi-Fi* ou *Bluetooth*, é possível estabelecer uma conexão entre a fechadura eletrônica e dispositivos móveis ou computadores. Isso permite o controle e monitoramento em tempo real, como o envio de notificações de acesso, a concessão de autorizações temporárias e a possibilidade de trancar ou destrancar a fechadura remotamente.

Além disso, o sistema de fechadura eletrônica com Arduino oferece benefícios adicionais, como a facilidade de instalação e configuração, a possibilidade de integração com outros sistemas de automação residencial ou comercial, e a capacidade de armazenar registros de acesso para fins de auditoria e segurança.

No entanto, é importante considerar alguns aspectos ao implementar um sistema de fechadura eletrônica com Arduino. É necessário garantir a segurança do sistema, protegendo as informações de autenticação e mantendo atualizações de segurança regulares. Além disso, a disponibilidade de energia elétrica e possíveis falhas técnicas devem ser levadas em conta para garantir a operação contínua e confiável do sistema.

Em suma, o sistema de fechadura eletrônica com Arduino oferece uma abordagem prática e tecnologicamente avançada para o controle e monitoramento remoto de acesso. Com sua flexibilidade, personalização e recursos de conectividade, ele se destaca como uma solução eficiente e segura para ambientes residenciais, comerciais e institucionais.

A utilização do Arduino como plataforma de controle proporciona inúmeras possibilidades de implementação e customização, tornando o sistema de fechadura eletrônica uma opção versátil e confiável para garantir a segurança e o controle de acesso.

## REFERÊNCIAS

Almeida, R., & Pereira, E. (2018). Sistema de controle de acesso residencial com Arduino. Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE). Disponível em: [https://sol.sbc.org.br/index.php/sbesc\\_estendido/article/view/8631](https://sol.sbc.org.br/index.php/sbesc_estendido/article/view/8631). Acesso em 27 de maio de 2023.

ALMEIDA, R., & PEREIRA, E. (2018). Sistema de controle de acesso residencial com Arduino. Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE). Disponível em: [https://sol.sbc.org.br/index.php/sbesc\\_estendido/article/view/8631](https://sol.sbc.org.br/index.php/sbesc_estendido/article/view/8631). Acesso em 27 de maio de 2023.

BAKHOUM, E. G., & SAYED, A. H. (2017). Internet of things-based smart home using Arduino. In 2017 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT) (pp. 1-5). IEEE. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-Home-Automation-System-using-BitVoicer-Krishna-Lavanya/198b77a7a5991e580247bdfa43c31693ba277452>. Acesso em 27 de maio de 2023.

BAKHOUM, E. G., & SAYED, A. H. (2017). Internet of things-based smart home using Arduino. In 2017 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT) (pp. 1-5). IEEE. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-Home-Automation-System-using-BitVoicer-Krishna-Lavanya/198b77a7a5991e580247bdfa43c31693ba277452>. Acesso em 27 de maio de 2023.

BANZI, Massimo. Introdução ao Arduino. O'Reilly Media, Inc., 2015. Disponível em Primeiros Passos com o Arduino – 2ª Edição: A plataforma de prototipagem ... - Massimo Banzi, Michael Shiloh - Google Livros. Acesso em 7 de março de 2023.

BANZI, Massimo. Primeiros Passos com Arduino: A plataforma de prototipagem eletrônica open source. 2. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2012 Disponível em Primeiros passos com Arduino: saiba como começar - MakerHero. Acesso em 7 de março de 2023.

BOLZANI, C. A. M. (2004) Residências Inteligentes. Rio de Janeiro: Livraria da Física. Disponível em [https://books.google.com.br/books/about/Resid%C3%AAsncias\\_Inteligentes.html?id=IgtTPE10u68C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Resid%C3%AAsncias_Inteligentes.html?id=IgtTPE10u68C&redir_esc=y). Acesso em 19 de abril de 2023.

CHAMUSCA, A. Domótica e Segurança Electrónica: a inteligência que se instala. Ingenium Edições, Portugal, 2006. Disponível em BNP - Domótica & segurança electrónica (bnportugal.gov.pt). Acesso em 19 de abril de 2023.

Ferreira, M., Araújo, F., & Lemos, R. (2019). Smart Lock Based on Arduino for Residential Access Control. In 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-6). IEEE. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/354872757\\_DESIGN\\_AND\\_CONSTRUCTION\\_OF\\_A\\_SMART\\_DOOR\\_LOCK\\_WITH\\_AN\\_EMBEDDED\\_SPY-CAMERA](https://www.researchgate.net/publication/354872757_DESIGN_AND_CONSTRUCTION_OF_A_SMART_DOOR_LOCK_WITH_AN_EMBEDDED_SPY-CAMERA) Acesso em 27 de maio de 2023.

FERREIRA, M., ARAÚJO, F., & LEMOS, R. (2019). Smart Lock Based on Arduino for Residential Access Control. In 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-6). IEEE. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/354872757\\_DESIGN\\_AND\\_CONSTRUCTION\\_OF\\_A\\_SMART\\_DOOR\\_LOCK\\_WITH\\_AN\\_EMBEDDED\\_SPY-CAMERA](https://www.researchgate.net/publication/354872757_DESIGN_AND_CONSTRUCTION_OF_A_SMART_DOOR_LOCK_WITH_AN_EMBEDDED_SPY-CAMERA). Acesso em 27 de maio de 2023.

KHALIL, M., NOAMAN, M., & FARAG, M. (2017). Design and Implementation of an Arduino-based Smart Lock System. International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS), 1(6), 74-82. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/364400152\\_Multi-Security\\_System\\_Based\\_on\\_RFID\\_Fingerprint\\_and\\_Keypad\\_to\\_Access\\_the\\_Door](https://www.researchgate.net/publication/364400152_Multi-Security_System_Based_on_RFID_Fingerprint_and_Keypad_to_Access_the_Door) Acesso em 27 de maio de 2023.

MATTEDE, Henrique. O que é relé? Como funciona um relé? Mundo da Elétrica, 2006. Disponível em O que é relé? Como funciona um relé? - Mundo da Elétrica (mundodaeletrica.com.br). Acesso em 19 de abril de 2023.

MCROBERTS, Michael. Beginning Arduino. Apress. Nova Iorque: 2010. Disponível em Beginning Arduino | Springer Link. Acesso em 05 de abril de 2023.

NASCIMENTO, Felipe. Controle uma válvula solenoide com o Arduino. MAKE HERO, 2021. Disponível em Controle uma válvula solenoide com o Arduino - MakerHero. Acesso em 18 de abril de 2023.

NGUYEN, D. T., & NGUYEN, N. H. (2019). Arduino-based Smart Locking System for Smart Home. In 2019 IEEE 12th International Symposium on Electrical Engineering (ISEE) (pp. 77-81). IEEE. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/347871664\\_MICROCONTROLLER\\_BASED\\_SMART\\_DOOR\\_LOCKING\\_SYSTEM](https://www.researchgate.net/publication/347871664_MICROCONTROLLER_BASED_SMART_DOOR_LOCKING_SYSTEM). Acesso em 27 de maio de 2023.

SOUZA, R. *et al.* A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. Revista Brasileira de Ensino de Física, Scielo, março, 2011. Disponível em Scielo - Brasil



- A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. Acesso em 18 de abril de 2023.

Imagem I: Disponível em: Mini fechadura Solenoide (wjcomponentes.com.br)

Imagem II: Disponível em: Arduino Uno Original Atmega 328p + Brinde | Frete grátis (mercadolivre.com.br)

Imagem IV: Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2658404552-fechadura-digital-intelbras-fr331-c-tag-senha-biometria-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2658404552-fechadura-digital-intelbras-fr331-c-tag-senha-biometria-_JM)

Imagem V: Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1140553279-teclado-membrana-matricial-4x4-teclas-arduino-raspberry-pic-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1140553279-teclado-membrana-matricial-4x4-teclas-arduino-raspberry-pic-_JM)

Imagem VI: Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1425297641-modulo-rel-1-canal-5v-10a-250v-com-led-para-arduino-esp8266-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1425297641-modulo-rel-1-canal-5v-10a-250v-com-led-para-arduino-esp8266-_JM)

Imagem VII: Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1917507038-modulo-leitor-biometrico-de-impresso-digital-arduino-c-nota-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1917507038-modulo-leitor-biometrico-de-impresso-digital-arduino-c-nota-_JM)

Imagem VIII: Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2765169647-buzina-buzzer-passivo-ky-006-automaco-raspberry-pic-5v-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2765169647-buzina-buzzer-passivo-ky-006-automaco-raspberry-pic-5v-_JM)

Imagem IX: Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3218112667-placa-compativel-com-arduino-uno-r3-atmega328-smd-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3218112667-placa-compativel-com-arduino-uno-r3-atmega328-smd-_JM)

Imagem X: Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2757652851-display-tela-lcd-16x2-1602-backlight-azul-arduino-rasp-c-nf-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2757652851-display-tela-lcd-16x2-1602-backlight-azul-arduino-rasp-c-nf-_JM)

## A presença da tecnologia da informação e comunicação nas pequenas empresas de engenharia, arquitetura e construção

Dayana Ruth Bola Oliveira

*Engenheira Civil*

Thiago Alberto Pruner

*Engenheiro Civil*

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é investigar a presença da tecnologia da informação da comunicação (TIC) nas empresas de pequeno porte das áreas de engenharia, arquitetura e construção (EAC). Diante disso, fez-se uma revisão teórica na bibliografia especializada como embasamento para aplicação de um questionário, como forma de obter um panorama de como está aplicada a TIC nas pequenas empresas. A pesquisa tem enfoque descritivo e qualitativo e a escolha dos entrevistados escolhidos por análise não probabilística. Como resultado, confirmou-se que o setor da construção civil é conservador em relação à adoção de novas tecnologias e ainda está dando os primeiros passos para o uso sistemático da TIC. Como exemplos, metade das empresas analisadas não faz uso do BIM (*Building Information Modeling*) e ainda tem como principal ferramenta de trabalho gráfico programas de CAD (*Computer Aided Design*). Sendo assim, fatores como tradicionalismo e barreira cultural e altos custos de implementação da TIC impactam significativamente para o seu desenvolvimento no setor de EAC.

**Palavras-chave:** desenvolvimento tecnológico. indústria da construção civil. micro e pequenas empresas.

### INTRODUÇÃO

Na década de 40 a população brasileira viveu um acelerado processo de urbanização, tendo como os principais impulsos a industrialização do país, a estrutura fundiária, ofertas de empregos e serviços. Com uma cidade mais atraente, o êxodo rural foi avançando e assim tornando as cidades cada vez mais urbanizadas. A transição de um país rural para urbano se deu nos anos 60 e devido a esse crescimento, no mesmo período, houve uma grande demanda imobiliária, que causou



o surgimento de escritórios técnicos em arquitetura, estrutura e instalações, norteados o desenvolvimento de projetos específicos (GRAZIANO, 2003).

Com a origem dos escritórios especializados, o processo se tornou linear, sendo o projeto arquitetônico o de referência, e com base nele posteriormente os projetos complementares de engenharia passaram a ser desenvolvidos fragmentadamente (estrutural, instalações elétricas, hidráulicas e etc). De acordo com Matos (2014), esse processo cria barreiras entre os envolvidos, no qual isola os procedimentos de trabalho e resulta em uma comunicação limitada, além de prejuízos às organizações. Isso porque os projetos arquitetônicos e complementares ainda são representados em 2D pela maioria dos profissionais brasileiros, o que conduz muitas vezes a incompatibilidades executivas (COSTA, 2013).

Levando em conta as limitações da representação 2D, uma nova tecnologia gerou grandes avanços para as indústrias de arquitetura, engenharia e construção (AEC), possibilitando benefícios ao longo dos processos construtivos, como por exemplo a finalidade de compatibilização de projetos. Trata-se da tecnologia *Bulding Information Modeling* (BIM), onde de acordo com Eastman *et al.* (2011) consiste no desenvolvimento de um modelo virtual 3D de um edifício, que visa o auxílio em todos os processos construtivos, contendo muitas funcionalidades, proporcionando base para novas capacidades construtivas e assim, mudanças na colaboração entre os profissionais envolvidos do projeto.

Com o BIM há possibilidades de tornar o processo construtivo mais integrado e automatizado, resultando em melhorias na qualidade, redução do custo e duração do projeto. Goes (2011) afirma que nos últimos anos é notável a quantidade de pesquisas e desenvolvimentos no cenário internacional a respeito do BIM. Sua implantação no cenário internacional é uma realidade que vem se adaptando há alguns anos, diante deste contexto, evidencia-se uma mudança estrutural e técnica do processo de projeto, semelhante ao ocorrido nas últimas duas décadas com o surgimento do *Computer Aided Design* (CAD). No entanto, o desenvolvimento da tecnologia BIM no Brasil ocorre de forma atrasada se comparado ao cenário internacional.

Ademais, as empresas têm sofrido intensas mudanças em suas relações sociais e políticas diretamente ligadas à vida empresarial e ao surgimento de inovações tecnológicas que provocam novas formas de relações de trabalho. A tecnologia da informação e comunicação (TIC) surge como um dos grandes vetores destas transformações que, em virtude de sua disseminação, afetam de modo significativo todas as atividades humanas. Em particular, isso é importante nas indústrias, onde a necessidade de investimentos em tecnologias adveio principalmente de atrasos causados por particularidades econômicas do país.

Para tanto, este trabalho foi idealizado tendo em vista o cenário conservador e tradicionalista da construção civil, em relação à adoção de novas tecnologias, corroborando à necessidade de investigar a presença da TIC em empresas de pequeno porte das áreas de engenharia, arquitetura e construção, foco deste trabalho.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A TIC trata das ferramentas necessárias para que uma empresa atinja seus objetivos organizacionais. Entende-se por tais ferramentas todo software e hardware que interliga as funções básicas de uma empresa, desde a entrada de pedidos, seu processamento e a saída em forma de produtos ou serviços (LAUDON & LAUDON, 2007). Segundo Nascimento e Santos (2003) a TIC também diz respeito a aspectos humanos, administrativos e organizacionais.

O fluxo contínuo de inovações na tecnologia da informação, combinado com as novas práticas empresariais e decisões gerenciais de alto padrão, está transformando a maneira como fazemos negócios, a maneira como as receitas são geradas e a maneira como os consumidores recebem os produtos e serviços (LAUDON & LAUDON, 2007).

De acordo com Beraldi & Escrivão Filho (2000), para que a implantação da tecnologia da informação ocorra de modo eficiente, nas pequenas empresas, alguns obstáculos precisam ser superados, a saber na integra:

- “Não padronização de processos e operações;
- Desconhecimento do proprietário acerca dos benefícios que a TI pode proporcionar em termos de maior controle;
- Dificuldade em associar os produtos de TI disponíveis no mercado com seu ambiente flexível e informal, uma vez que estes são projetados para as empresas de grande porte e exigem alto grau de padronização e formalização de processos e tarefas;
- Falta de produtos que atendam às suas necessidades de maneira simples e com pressa acessível, em razão de terem sido criados sem levar em conta suas características e, finalmente,
- Carência de recursos para investir em tecnologias, pois, como a maioria das pequenas organizações sequer conhece as fontes de recursos disponíveis para este tipo de investimento, sua obtenção torna-se quase inacessível.”

Moraes *et al.* (2004) apresentam um aparato geral das principais vantagens para pequenas empresas empregarem seus recursos em tecnologia da informação e segundo o Guia da Tecnologia (2003) e Prates, Saraiva e Caminiti (2003), na integra, estas são:

- “Automatizar tarefas específicas, que passam a ser realizadas em menos tempo, resultando na diminuição do custo, da monotonia de executar tarefas repetitivas, na melhora do processo produtivo, por focar as tarefas mais importantes, obtendo maior produtividade e aumento da competitividade;
- Auxiliar o gerente a testar algumas decisões antes de colocá-las em prática, propiciar a melhoria das informações para tomada de decisões, tornando-as mais acuradas, disponibilizar a informação em tempo oportuno e aprimorar o controle interno das operações e capacitar o reconhecimento antecipado de problemas;
- Possuir atendimento satisfatório ao cliente em decorrência de uma tecnologia bem aplicada, que, por satisfazer o cliente, pode torná-lo fiel, mesmo sem o uso de sistemas complexos de fidelização empregados em grandes empresas. Pode-se utilizar, de modo eficiente, uma tecnologia simples e acessível às micro e pequenas organizações como uma linha telefônica e um identificador de chamadas, que possibilita identificar o cliente e oferecer-lhe um atendimento personalizado;

- Integrar o uso da tecnologia que pode proporcionar vendas maiores para clientes potenciais, talvez por levarem o processo de compra para portais que fazem transações eletrônicas entre empresas ou por meio de compras eletrônicas;
- Utilizar a internet como uma ferramenta capaz de expandir mercados, essencial para a comunicação com parceiros de negócios e clientes, um recurso disponível às organizações de todos os portes, inclusive às micro e pequenas empresas. ”

No Brasil, os números atestam a importância das micro e pequenas empresas, pois aproximadamente 30% do Produto Interno Bruto (PIB) é gerado pelos pequenos negócios. Geralmente as empresas de engenharia e arquitetura atuam no ramo de prestação de serviços – através da execução de projetos – o que engloba esse setor no setor de serviços, no qual as pequenas empresas geram aproximadamente 36% da riqueza do país. Já as empresas de construção estão enquadradas no setor industrial, no qual as pequenas empresas contribuem em média com 23% do PIB (SEBRAE, 2015).

No contexto deste trabalho e com fins de simplificação didática, e para a aplicação do método de pesquisa, foram consideradas pequenas empresas tanto as microempresas como pequenas empresas, classificadas segundo Sebrae (2015) até 99 pessoas para ocupação industrial.

## METODOLOGIA

A fim de verificar a influência da TIC no setor de AEC, fez-se necessário indicar o tipo de estudo da pesquisa, sendo esta de enfoque descritivo, por se tratar de uma pesquisa que busca identificar e analisar uma realidade, tendo as pesquisas deste gênero, de acordo com Pelissari (2007) o objetivo primordial de descrever as características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre as variáveis. Para Gil (1999), as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis.

Adotou-se como instrumento de estudo um questionário. Parasuraman (1991), o questionário é tão somente um conjunto de questões, feito para gerar os dados necessários para se atingir os objetivos do projeto. Embora o mesmo autor afirme que nem todos os projetos de pesquisa utilizam essa forma de instrumento de coleta de dados, o questionário é muito importante na pesquisa científica, especialmente nas ciências sociais. Não existe uma metodologia padrão para o projeto de questionários, porém existem recomendações de diversos autores com relação a essa importante tarefa no processo de pesquisa científica.

Diante disso, para o presente trabalho foi elaborado um questionário para avaliação do emprego da TIC em pequenas empresas tendo como foco apenas o método qualitativo. Este, segundo Richardson (1999), difere do método quantitativo, à medida que não emprega um instrumental estatístico como base do processo de análise de um problema. Não pretende numerar ou medir unidades ou categorias homogêneas. O aspecto qualitativo de uma investigação pode perder seu caráter quando são transformados em dados quantificáveis, na tentativa de assegurar a exatidão do plano de resultados. Algumas características da pesquisa qualitativa, segundo Bogdan e Taylor (1995): o pesquisador como instrumento-

chave; pesquisa descritiva; ser a principal preocupação dos pesquisadores o processo e não simplesmente os resultados e o produto (pesquisadores analisam os dados intuitivamente).

O universo da pesquisa são pequenas empresas do Paraná atuando no ramo de engenharia, arquitetura e construção e dentre os elementos do planejamento da pesquisa está a definição da amostra da pesquisa. O tamanho da amostra, segundo Pelissari (2007) depende dos objetivos do trabalho e do grau de confiança que o pesquisador quer alocar aos resultados. De acordo com Mattar (1996), o procedimento de amostragem pode ser realizado por meio de uma amostra probabilística ou não probabilística.

Tipos de amostragem:

- Não probabilísticas: aquela em que a seleção dos elementos da população para compor a amostra depende ao menos em parte do julgamento do pesquisador. Podem ser de conveniência, intencional ou por cotas.
- Probabilísticas: é aquela em que cada elemento da população tem uma chance conhecida e diferente de zero de ser selecionado para compor a amostra. Pode ser aleatória simples, aleatória estratificada ou por conglomerado.

Segundo Lima Filho (2015), na amostra não-probabilística intencional, o pesquisador usa o seu julgamento para selecionar os membros da população que são boas fontes de informação precisa, para alcance dos objetivos de seu estudo. Para efeito de obtenção de dados, optou-se pela amostra não-probabilística intencional, constituída de pequenas empresas de AEC.

O questionário foi encaminhado via e-mail as empresas que previamente se interessaram em participar do estudo. Após o retorno das respostas, os dados receberam tratamento qualitativo. Este tipo de técnica, segundo Richardson (1999), busca descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais, contribuir no processo de mudança de determinado grupo e possibilitar, em maior nível de profundidade, o entendimento das peculiaridades do foco da pesquisa.

A pesquisa do presente estudo tem como limitação o fato de abordar um tema com fenômenos em formulação e constante modificação, uma vez que os sujeitos da amostra estão em contínua aprendizagem e o ambiente global impõe novas competências ao perfil tanto da empresa quanto dos profissionais que nela estão envolvidos. Quanto à pesquisa prática, também apresenta limitações no sentido de que pode haver incompreensão ou do significado das perguntas da pesquisa ou o esquecimento por parte do entrevistado.

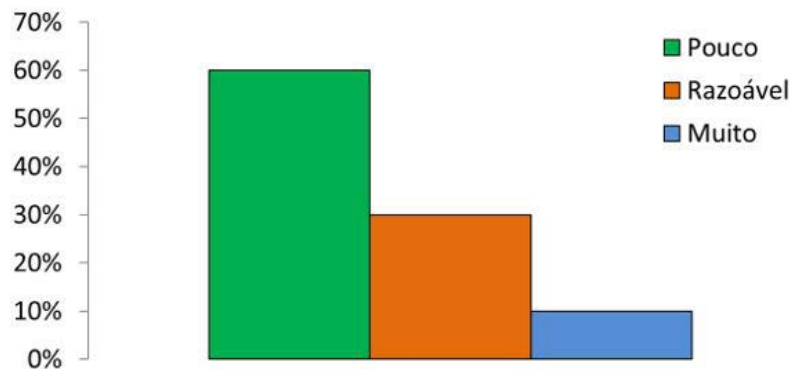
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O uso das tecnologias associadas ao processo de gestão de qualidade possibilita o aumento da produtividade e influência a competitividade. Com a atual realidade econômica, as empresas a fim de enfrentar a competitividade precisam constantemente avaliar suas estratégias de ação com relação à qualidade, e em muitos momentos se deparam com questões que atestem essa qualidade, através de certificações, como por exemplo, a ISO e o PBQP-H. A Figura 1 representa a realidade das empresas entrevistadas.

**Figura 1 - Investimento em certificações das pequenas empresas.**

Fonte: Autores (2020)

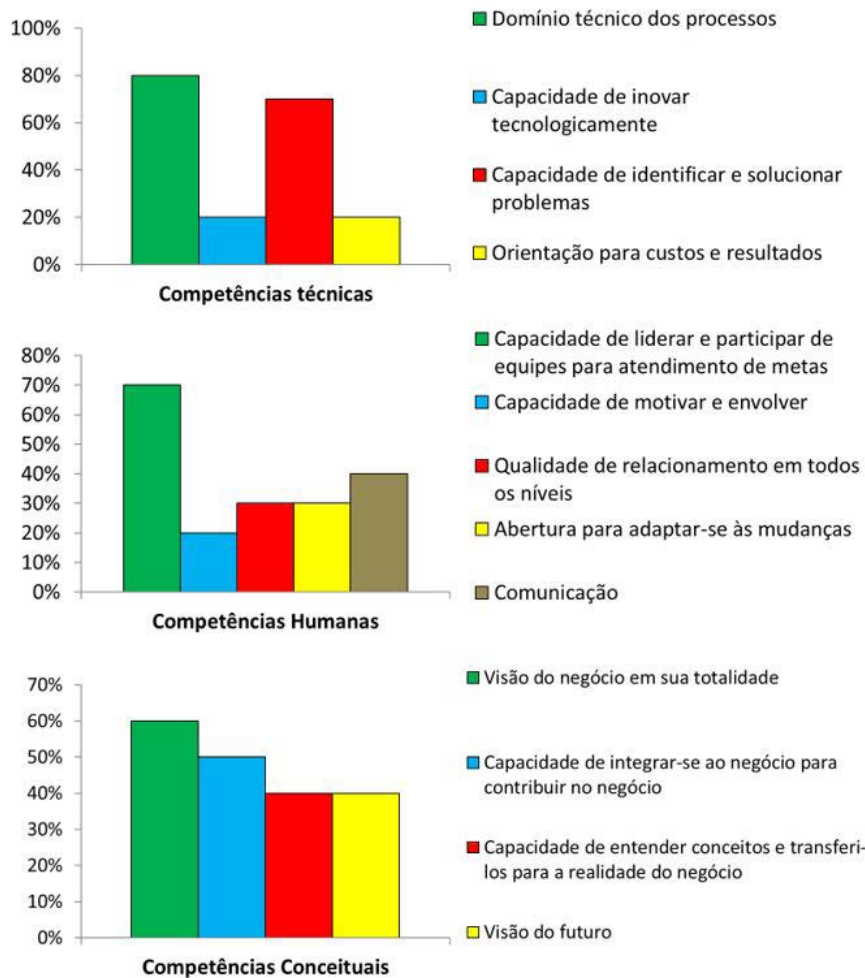
Verificou-se que apenas 10% dos entrevistados possuem algum tipo de certificação. Com o mercado cada vez mais competitivo, as empresas se deparam com um ambiente de alta pressão, exigindo dessas empresas padrões cada vez melhores e muitas vezes, para se manter ativas, são impelidas a serem flexíveis e inovadoras. A certificação de qualidade, assim como o investimento em sistemas computacionais e ferramentas de hardware, demonstra ao mercado que a empresa está fornecendo produtos e serviços com qualidade e agilidade facilitando as relações comerciais. A Figura 2 demonstra o nível de investimento em tecnologia das empresas entrevistadas.

**Figura 2 - Nível de investimento das empresas em tecnologias.**

Fonte: Autores (2020)

Nota-se que ainda muitas organizações consideram a tecnologia da informação como aumentar custos e não como uma vantagem competitiva, e da constatação de que os proprietários precisam apoiar o processo de inovação, faz-se necessário estudar quais competências esses dirigentes valorizam, conforme apresentadas na Figura 3.

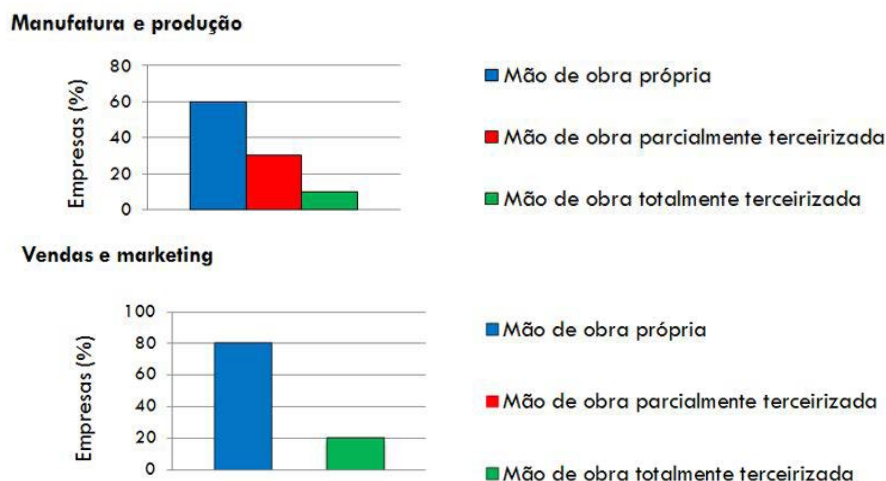
**Figura 3 - Competências dos dirigentes das empresas.**



Fonte: Autores (2020)

A informação está presente nas ações da empresa como um todo, no conhecimento do mercado, definição de produtos, formas de atuação do processo operacional, interligando as funções básicas da empresa, ou seja, a manufatura e produção, vendas e marketing, recursos humanos, finanças e contabilidade. Frequentemente essas funções, em empresas de pequeno porte, são executadas pelas mesmas pessoas, não havendo separação clara das atribuições, conforme apresentadas na Figura 4.

**Figura 4 - Funções básicas de uma empresa.**





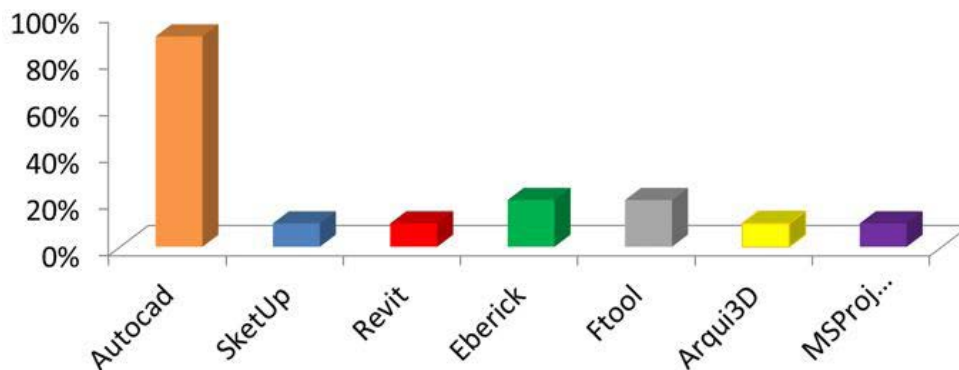
**Recursos humanos****Finanças e contabilidade**

Fonte: Autores (2020)

A TIC é a base que interliga estas funções básicas, desde a entrada de pedido, processamento e saída dos produtos e serviços.

É evidente a importância de se usar a TIC nas empresas como fomento criativo e competitivo. As principais ferramentas computacionais mencionadas pelas empresas são apresentadas na Figura 5.

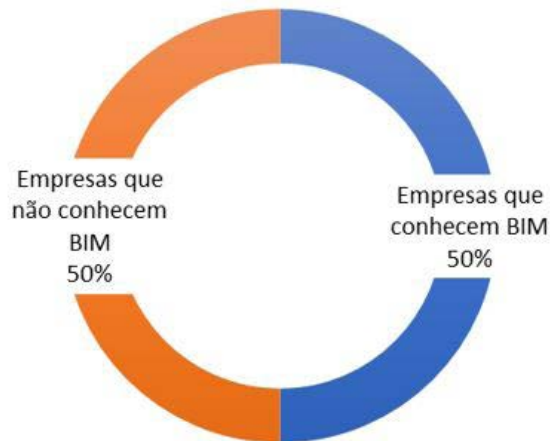
**Figura 5 - Principais programas computacionais utilizados pelas empresas.**



Fonte: Autores (2020)

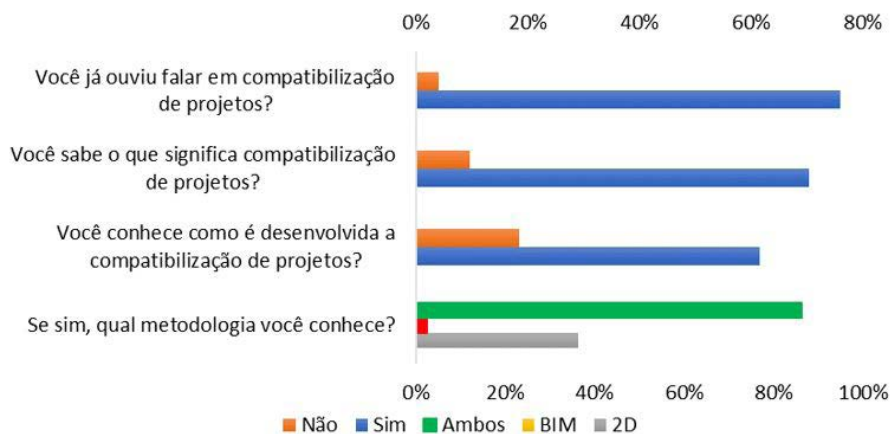
Segundo Nascimento e Santos (2003), o uso da TIC deve considerar aspectos culturais, citando como exemplo clássico os sistemas CAD, os quais são utilizados nos departamentos de projetos como nos tempos em que os processos eram manuais, utilizando a referida ferramenta para automatizar desenhos em formatos eletrônicos, desperdiçando o potencial de integração de projetos, relatórios quantitativos e qualitativos de plataformas mais atuais. Este gráfico demonstra essa realidade, ao destacar a presença maciça de um software de CAD nas empresas de AEC.

A Figura 6 apresenta o nível de conhecimento das empresas pesquisadas em relação a ferramenta mais atual e inovadora para desenvolvimento de projetos.

**Figura 6 - Nível de conhecimento das empresas sobre o BIM.**

Fonte: Autores (2020)

A plataforma BIM (*Building Information Modeling*) visa a integração de todas as etapas de projeto de uma obra, desde o projeto arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico e demais projetos complementares. Seu objetivo principal é a economia de custos e de tempo, refletindo em menos retrabalho e numa obra de maior qualidade final, sem contar os quesitos de sustentabilidade que tal economia poderia proporcionar. E conforme a Figura 6, dentre as empresas entrevistadas, 50% nem sequer ouviram falar de BIM, o que demonstra o pouco que investem em tecnologia (conforme a Figura 2) e, mesmo que não as utilizem sequer conhecem quais as ferramentas que existem no mercado e que poderiam lhes auxiliar em possíveis mudanças de paradigmas empresariais. Das empresas que conhecem a tecnologia (50%), a Figura 7 apresenta quais entendem o processo de compatibilização de projetos.

**Figura 7 - Conhecimento sobre a atividade compatibilização de projetos.**

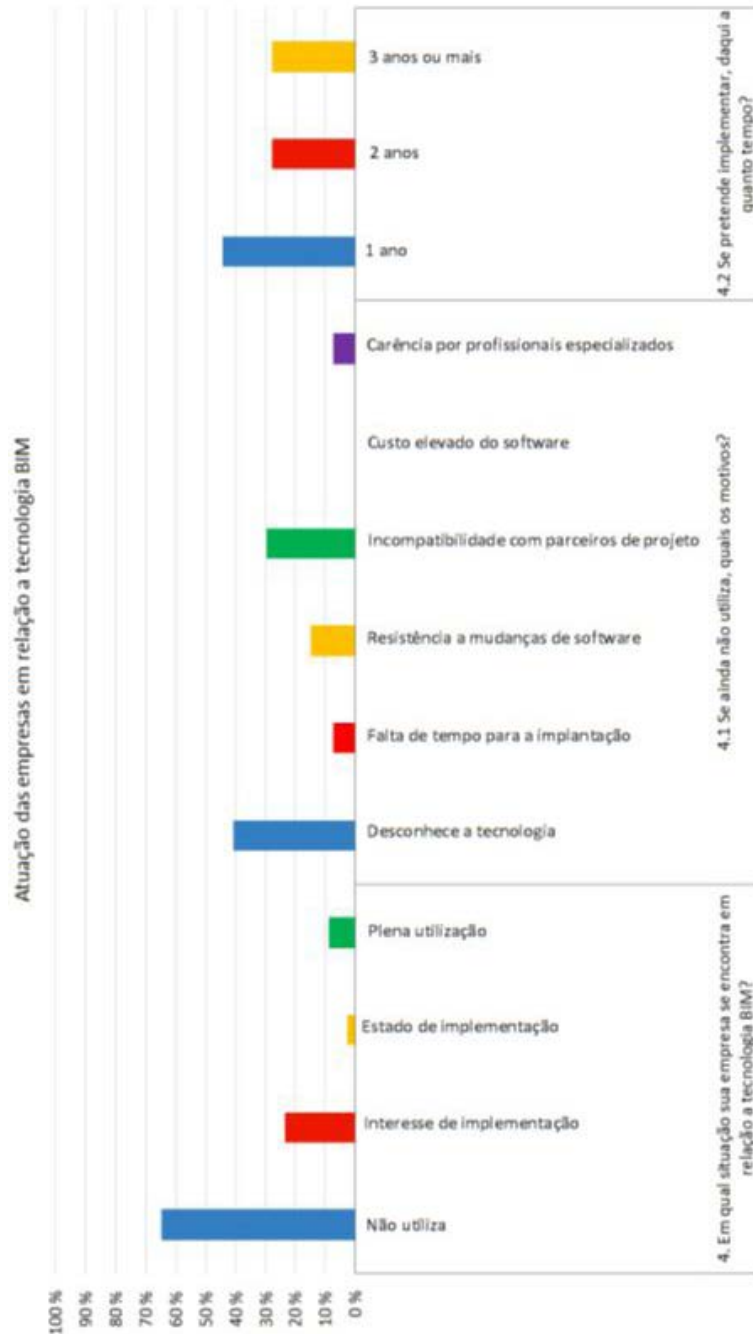
Fonte: Autores (2020)

Pode-se então verificar que a maioria dos proprietários (95%) já ouviram falar sobre a compatibilização de projetos, no entanto, quando as questões se tornam mais específicas como saber o significado ou como é desenvolvido, esse percentual reduz, no entanto ainda se apresenta como maioria. Outro ponto a ser salientado foram as metodologias conhecidas, constatou-se que a maioria (69%) conhecem ambos os métodos.

A fim de analisar o cenário das empresas em relação a tecnologia BIM, foram

direcionadas 3 questões específicas aos proprietários das empresas, a seguir a Figura 8 expõe estas questões juntamente com seus respectivos resultados. No primeiro questionamento buscou investigar a situação que se encontra a empresa, desta forma foi apontado que 64,7% das empresas não utilizam o BIM, 23,5% delas tem interesse de implementar, e apenas 2,9% está implementando e 8,8% se encontra em plena utilização. Foi perguntado também o motivo da não utilização, os dois motivos mais apontados foram o desconhecimento da tecnologia (40,7%) e a incompatibilidade com parceiros de projetos (29,6%). Para aqueles com intensão de implementar foi questionado a previsão de tempo, a opção de 1 ano foi a mais apontada (44,4%).

**Figura 8 - Atuação das empresas em relação a tecnologia BIM.**



Fonte: Autores (2020)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados no trabalho pode-se constatar o evidente atraso de desenvolvimento tecnológico de empresas de AEC, denotando a importância de se usar a TIC nas pequenas empresas como um instrumento capaz de otimizar e sustentar a competitividade, sendo a tecnologia da informação a principal ferramenta de que as empresas dispõem para criar novos produtos e serviços, assim como modelos de negócios inteiramente novos. No entanto, devido à limitação financeira, nem todos os recursos destas inovações são acessíveis, corroborando para o desenvolvimento à passos lentos do setor.

Outro fator de grande impacto é a barreira cultural quanto à inovação advém dos dirigentes mais antigos e tradicionalistas, resistência esta devido à falta de treinamento e conhecimento sobre os benefícios que esta traria ao empreendimento. Além da visão de que empregar novas tecnologias seria complexo e representaria alto custo para o negócio.

Por fim, diante do exposto no trabalho, o atraso no crescimento do setor propaga problemas como falta de tratamento dos dados o que gera perdas de informações no decorrer do processo, incompatibilidades, problemas patológicos, atrasos de cronograma, baixa produtividade, entre outros fatores. Onde a implantação de sistemas poderia atuar e potencializar as empresas sendo este seu diferencial, alavancando os lucros, tornando a empresa competitiva no mercado, fornecendo informações rápidas e corretas, além de fornecer um gerenciamento adequado, bem como tratamento de dados, os quais, após se tornarem informações precisas e exatas, poderiam ajudar significativamente todos os setores das empresas de AEC.

## REFERÊNCIAS

- BERALDI, C.L.; ESCRIVÃO FILHO, E. Impacto da tecnologia da informação na gestão de pequenas empresas. Revista Ciência da Informação, Brasília, 2000.
- BOGDAN, R.; TAYLOR, S. J. Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados. Barcelona: Paidós, 1995.
- COSTA, Eveline Nunes. Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.
- EASTMAN, Chuck *et al.* BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. 648 p.
- GIL, A.C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOES, R. H. T. e B. de. Compatibilização de Projetos com a Utilização de Ferramentas BIM. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Habitação, Gestão e Planejamento, Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2011.
- GRAZIANO, F. P. Compatibilização de projetos. São Paulo: Mestrado (Profissional) Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2003.

GUIA DE TECNOLOGIA. Informática a seu favor. São Paulo, 2003.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J.P. Sistemas de informação gerenciais. 7.ed. Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2007.

LIMA FILHO, L. M. A. Apresentação amostragem. Disciplina de administração: Departamento de Estatística. Universidade Federal da Paraíba, Paraíba: João Pessoa, 2015.

MATOS, José Carlos Granjo de. Implementação do BIM numa grande construtora francesa. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014.

MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing. São Paulo: Atlas. 1996.

MORAES, G.D.A.; TERENCE, A. C. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. A tecnologia da informação como suporte à gestão estratégica da informação na pequena empresa. Revista da gestão da tecnologia e sistemas de informação, 2004.

NASCIMENTO, L.A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção civil na era da informação. Revista Ambiente Construído. Porto Alegre, 2003.

PARASURAMAN, A. Marketing research. 2. ed. Addison Wesley Publishing Company, 1991.

PRATES. G. A; SARAIVA, A. L.; CAMINITI, G. B. Tecnologia da informação em pequenos hotéis. Seminário internacional de comunicação. Rio Grande do Sul, 2003.

PELLISSARI, A.S. Processo de formulação de estratégias em pequenas empresas com base na cultura corporativa e competências gerenciais. (Tese de doutorado). Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste, 2007.

RICHARDSON, R.J. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1999.

RIEMENSCHNEIDER, C. K.; MYKYTYN JR., P. Business executives have learned about managing information technology. Information & Management. 2000.

SEBRAE. Participação das micro e pequenas empresas na economia brasileira. Disponível em [www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br). Acesso em 18 agosto 2020.

SEBRAE. A dificuldade da informatização das micro e pequenas empresas. Disponível em [www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br). Acesso em 19 de agosto de 2020.

## Simulação da programação de serviços de manutenção e sequenciamento

**Carolina Soares Vieira**

*Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Universitário Morro do Cruzeiro*

**Jeferson Oliveira Pinto Coelho**

*Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Universitário Morro do Cruzeiro*

**Milena Fernandes França**

*Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Universitário Morro do Cruzeiro*

### RESUMO

A Engenharia de Manutenção é responsável por planejar ordens de manutenção para evitar a interrupção do processo industrial. O sequenciamento da manutenção é uma estratégia que pode ser otimizada por algoritmos de simulação para garantir a disponibilidade dos ativos com o mínimo de custo envolvido e evitar ociosidade e filas no processo. O estudo apresenta uma metodologia de simulação de uma linha de produção e manutenção para otimizar um processo industrial genérico, apresentando os principais conceitos teóricos, procedimentos metodológicos, resultados e teóricos do estudo.

**Palavras-chave:** manutenção. sequenciamento da manutenção. simulação. simpy.

### INTRODUÇÃO

Muitos equipamentos, atualmente, possuem um sistema de operação com uma variedade de parâmetros atuantes, dado o avanço constante da complexidade de atividades por estes executados. Em vista disso, para que o funcionamento desses equipamentos atue de forma eficiente, é necessário entender os conceitos de depreciação com o intuito de poder agir de forma preditiva ou corretivamente e, conseqüentemente, evitar altos custos de manutenção, reparo e até mesmo trocas.

Um dos aspectos do estudo da Engenharia de Manutenção está relacionado a pesquisas operacionais focadas em planejar ordens de manutenção de sistemas industriais que solucionam possíveis problemas de degradação de maneira inesperada dos mesmos. Portanto, o objetivo da manutenção está em garantir que não haja interrupções de um equipamento ou sistema para que o processo envolvido seja constante.



Nesse ínterim, o sequenciamento da manutenção sob a realização de um processo de modelagem computacional se mostra interessante do ponto de vista da avaliação da eficácia deste processo sob diferentes cenários. Ao realizar simulações, é possível analisar o sistema de manutenção no longo prazo e otimizar as operações das empresas com o mínimo de custo envolvido e o máximo de disponibilidade dos ativos, além de evitar ociosidade e filas no processo.

Este estudo, portanto, pretende apresentar um algoritmo de simulação de um sequenciamento de manutenção para otimizar um processo genérico industrial e simular diferentes cenários, a fim de auxiliar no processo de tomada de decisão em um processo produtivo real. A seguir, serão descritos os principais tópicos que integram o trabalho.

Na seção de Referencial Teórico serão apresentados os principais conceitos de sequenciamento da manutenção, teorias que dão suporte ao presente trabalho e a importância de se integrar processos de manutenção com pesquisa operacional. Na seção de Metodologia estão descritos os procedimentos utilizados para o desenvolvimento do algoritmo do sequenciamento citado anteriormente, bem como a simulação de dados aleatórios. Na seção de resultados serão mostrados os principais frutos do estudo, com base na metodologia aplicada. Por fim, na seção de conclusão, serão apresentados os principais desfechos do estudo baseado nos resultados e discussões realizadas, além de um apanhado geral sobre o presente trabalho.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Sequenciamento da manutenção

Segundo Sharma *et al.* (2011), manutenção é a atividade onde são executadas tarefas de reparo, reposição ou substituição de componentes a intervalos de tempo específicos, a fim de estender a vida útil dos equipamentos. Para Reason (2000), a manutenção pode ser definida como o montante de atividades requeridas para conservar uma planta produtiva em seu estado original de capacidade de produção.

A manutenção pode ser definida também como um conjunto de atividades técnicas e administrativas que têm como objetivo manter ou restabelecer um item em condições de operar conforme suas especificações técnicas e funcionais (FARIAS FILHO; LIMA JUNIOR, 2016). Em resumo, a manutenção pode ser entendida como a atividade realizada em um equipamento ou sistema com o intuito de garantir que ele continue funcionando corretamente, evitando ou reparando possíveis falhas.

Existem diferentes tipos de manutenção, sendo os principais:

- Manutenção corretiva: realizada após a ocorrência de uma falha ou avaria no equipamento ou sistema (SOUZA, 2014).
- Manutenção preventiva: realizada com base em um calendário ou número de horas de operação do equipamento, com o objetivo de evitar falhas ou avarias (FARIAS FILHO; LIMA JUNIOR, 2016).

- Manutenção preditiva: realizada com base em análises de dados, históricos de falhas e outros fatores para identificar possíveis problemas e programar a manutenção antes que ocorram falhas ou avarias (MAIA, 2013).
- Manutenção detectiva: realizada com base em análises de monitoramento e inspeções regulares do equipamento, com o objetivo de identificar falhas ou desgastes antes que ocorram avarias ou quebras (ANDRADE *et al.*, 2016).

Cada tipo de manutenção possui suas características específicas, sendo importante escolher o tipo mais adequado para cada situação e equipamento.

O sequenciamento da manutenção pode ser definido como a atividade de definir a ordem e a programação das atividades de manutenção para equipamentos e sistemas, com o objetivo de garantir a disponibilidade operacional, reduzir os custos de manutenção e prolongar a vida útil dos equipamentos. Essa atividade envolve a análise de dados de manutenção, históricos de falhas, informações de desempenho e outros fatores relevantes para determinar a melhor sequência de atividades de manutenção para cada equipamento (SANTOS *et al.*, 2016).

O propósito do sequenciamento é garantir que os recursos produtivos estejam disponíveis no momento exato em que for necessário, por isso, saber priorizar as atividades dentro do sequenciamento é essencial para a redução de retrabalho.

## Modelagem e simulação computacional

Seja na indústria ou na área de serviços, a complexidade dos sistemas requer decisões assertivas, principalmente no que se refere ao uso dos recursos, que em sua maioria são limitados. A simulação computacional pode contribuir para aumentar a assertividade das decisões, pois permite a criação de diversos cenários sem a necessidade do uso de recursos reais. De forma prática, a simulação é um processo de criação de um modelo computadorizado que tem por objetivo a realização de experimentos numéricos de tal forma que proporcione uma compreensão desse sistema submetido a um determinado conjunto de condições (KELTON *et al.*, 2000).

A simulação é uma área da pesquisa operacional utilizada em casos onde os modelos são muito complexos para uma análise matemática formal. Esta abordagem não pode ser considerada como modelo matemático de fato, apesar de utilizar fórmulas matemáticas na busca de soluções para problemas (SILVA, 2012). Softwares e linguagens de simulação permitem a aplicação de simulação para as mais diversas situações, podendo refletir situações reais ou cenários de teste.

A modelagem e a simulação computacional têm se mostrado ferramentas importantes no planejamento e sequenciamento da manutenção de equipamentos e sistemas. A aplicação dessas técnicas pode auxiliar na identificação de riscos e na otimização das atividades de manutenção, com impactos significativos na disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos sistemas.



## Biblioteca SimPy

A biblioteca SimPy foi originalmente desenvolvida em 2003 por Klaus Muller e Tony Vignaux (MULLER; VIGNAUX, 2017) e atualmente é mantida por uma equipe de desenvolvedores. A biblioteca é escrita em Python e é gratuita e de código aberto. A biblioteca é distribuída sob a licença do MIT e pode ser facilmente instalada usando o gerenciador de pacotes pip do Python.

Uma das principais características da biblioteca SimPy é sua capacidade de modelar eventos discretos. Eventos discretos são aqueles que ocorrem em momentos específicos no tempo, como a chegada de um pedido em um sistema de manufatura ou a partida de um ônibus em um sistema de transporte público. A biblioteca SimPy permite que os usuários criem modelos de simulação que representam esses eventos discretos e seus efeitos em um sistema.

Outra funcionalidade importante da biblioteca SimPy é a capacidade de modelar recursos. Recursos são elementos que são usados em um sistema, como máquinas em uma linha de produção ou funcionários em uma empresa. A biblioteca SimPy permite que os usuários criem modelos de simulação que representam a alocação e utilização de recursos em um sistema.

A biblioteca SimPy também suporta a modelagem de filas. Filas são elementos em um sistema onde as entidades aguardam para serem processadas. A biblioteca SimPy permite que os usuários criem modelos de simulação que representam a dinâmica de filas em um sistema.

## METODOLOGIA

Podemos descrever a metodologia de um trabalho com base em sua natureza, objetivos, abordagem e método. Dessa forma, para esse trabalho temos:

**Natureza:** Aplicada. A natureza aplicada na metodologia deste artigo se refere ao tipo de pesquisa que busca soluções práticas para problemas reais. Essa abordagem é utilizada em diversas áreas do conhecimento, desde as ciências exatas e humanas. Dessa forma, a natureza deste trabalho é aplicada, pois pretende fornecer uma solução prática para otimização de um processo industrial genérico.

**Abordagem:** Quantitativa. A abordagem quantitativa em uma metodologia de artigo é um método de pesquisa que utiliza dados numéricos para analisar e testar hipóteses. É uma técnica estatística que visa mensurar e quantificar fenômenos, podendo ser aplicada em diversas áreas do conhecimento. Sendo assim, a abordagem utilizada é quantitativa, visto que o algoritmo de simulação será construído com base em dados numéricos, será gerado e acompanhado por meio de avaliações quantitativas.

**Objetivo:** Descritiva. Os objetivos descritivos em uma metodologia de artigo é uma abordagem cujo objetivo é descrever e interpretar fenômenos, eventos, situações ou problemas. É uma técnica de pesquisa que visa usar dados para analisar características, comportamentos e relações entre variáveis, sem a intenção de estabelecer relações de

causa e efeito. Essa abordagem é comumente utilizada em estudos como pesquisas de opinião e estudos de caso. O objetivo deste trabalho é descritivo, pois visa descrever o processo de simulação e suas etapas, bem como apresentar os resultados obtidos em diferentes cenários.

Método: Pesquisa. Para alcançar esses objetivos, será utilizado o método de pesquisa, tomando por base um estudo *simmer: Discrete-Event Simulation for R*. Existem diversos métodos de pesquisa, como o quantitativo, qualitativo, experimental, descritivo, entre outros. A pesquisa será realizada em duas etapas:

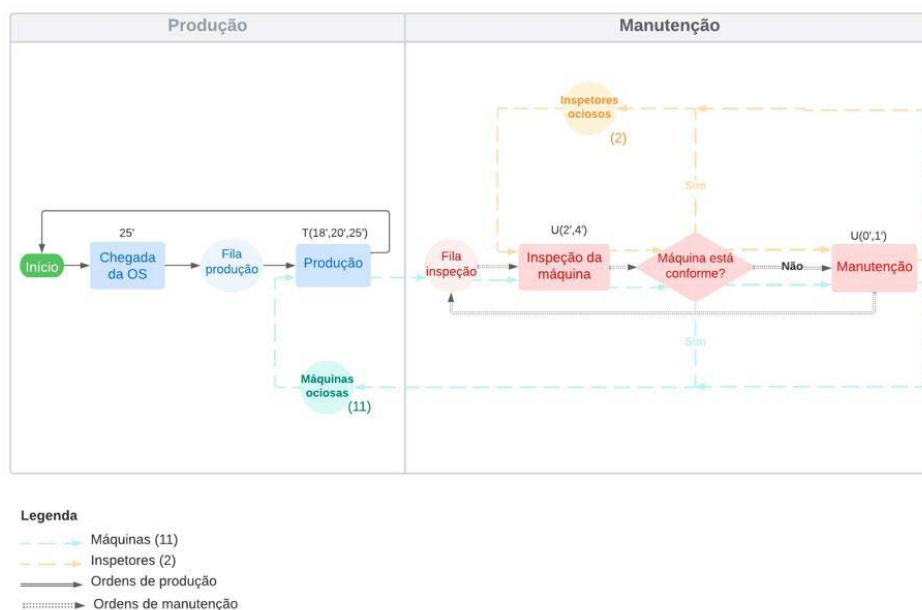
## Descrição do problema

O presente trabalho simula uma linha de produção discreta, com tamanho de lote e taxa de ordens de serviço fixos. A produção segue modelo FIFO (*First in, first out*), ou seja, os pedidos são processados na ordem em que chegam.

Assim que as Ordens de Serviço (OS) chegam, entram em uma fila de produção. Caso haja algum recurso de manufatura (máquina) disponível, a produção é iniciada, seguindo uma distribuição probabilística triangular, com moda 20, num intervalo de 18 a 25 minutos. Ao fim da produção, o recurso de manufatura entra na fila de inspeção, iniciando-a assim que houver um recurso de manufatura (inspetor) disponível. O tempo de execução da inspeção segue uma distribuição uniforme com intervalo 2 a 4 minutos. Se máquina estiver sem nenhum defeito, os recursos de manufatura e manutenção são liberados. Caso haja algum problema, é necessário realizar uma manutenção preventiva, que é executada em tempo seguindo distribuição uniforme entre 0 e 1 minuto.

No caso estudado por este trabalho, a decisão de realizar ou não uma manutenção foi definida de forma randômica pelo algoritmo, mas em uma situação real, é possível definir estimativas mais concretas. A figura 1 exemplifica melhor o processo estudado para o caso de 11 máquinas e 2 inspetores. Nesta simulação, são entidades as Ordens de Serviço, Ordens de manutenção, recursos de manufatura (máquinas) e recursos de manutenção (inspetores).

Figura 1 - Diagrama de Ciclo de atividades.



Fonte: Próprios autores (2023)

## Desenvolvimento do algoritmo

Etapa 1: Desenvolvimento do algoritmo. Nesta etapa, por meio da função `randrange()` do python, são gerados dados aleatórios do processo industrial genérico para serem otimizados. Com base nesses dados, será desenvolvido o algoritmo de simulação, através da biblioteca `SimPy`, que permitirá a identificação da sequência de manutenções para o processo em questão, destaca-se a possibilidade de variação dos resultados.

Etapa 2: Avaliação do algoritmo. Nesta etapa, serão realizadas simulações com diferentes cenários, considerando a mudança que a função geradora de números aleatórios nos permite e a mudança de parâmetros iniciais, como o `Operation` (número de máquinas) e o `maintenance` (número de inspetores).

Nas figuras 2 e 3 podemos observar o código utilizado para a realização deste trabalho. Os resultados serão apresentados na seção 4.

Figura 2 - Parte 1 do código.

```

!pip install simpy
### Módulos e métodos necessários
import simpy as sim # módulo de simulação
from random import seed, uniform, triangular, expovariate # métodos

### Variáveis do processo
global op, total_ordens, total_manutencoes # indexador da ordem de produção, número total de ordens e
total de manutencoes
Lote = 10.0 # tamanho do lote
Taxa = 25.0 # período de chegada do lote - minutos
machines_queue_len = [] # lista para armazenar o número de entidades na fila das máquinas
maintenance_queue_len = [] # lista para armazenar o número de entidades na fila da manutenção
total_manutencoes = 0 # inicializando o número total de manutenções

### Função para modelar a chegada de ordens da produção
def arrivemo(emp, operation, maintenance):
    global total_ordens # número total de ordens
    op = 0 # contando a ordem de produção
    total_ordens = 0 # inicializando o número total de ordens

    # loop infinito - para gerar ilimitadamente entidades (ordens)
    while True:
        op += 1 # contando a ordem de manufatura (produção)
        total_ordens += 1 # incrementando o número total de ordens
        yield emp.timeout(expovariate(Lote/Taxa)) # dist. exponencial
        print("Ordem de produção: %l \Horário: %.1f minutos" %(op, emp.now))
        # iniciando o processo de produção para a instância (ordem) atual
        emp.process(production(emp, "ordem_de_manufatura %s" % op, operation, maintenance))

### Função para modelar a produção instanciada na função anterior
def production(emp, ord_prod, operation, maintenance):
    global total_manutencoes
    ### Ao chegar uma ordem de produção, devemos ocupar o recurso
    ### referente às operações, designado pelo argumento operation
    req_op = operation.request() # requisitando o recurso
    yield req_op # construindo uma fila referente ao recurso operações
    print("A %s iniciou as operações de manufatura aos %.1f minutos" %(ord_prod, emp.now))
    ### O processo de manufatura ocorre conforme uma distribuição triangular
    ### com moda = 20, num intervalo de [18,25]
    yield emp.timeout(triangular(18,20,25)) # fila referente ao tempo da manufatura
    print("Depois de %.1f minutos, a %s foi concretizada" %(emp.now, ord_prod))

    ### Terminada a manufatura, o recurso ocupado (máquinas da produção) deve
    ### ser liberado, pra próxima ordem de produção, mas antes deve-se fazer
    ### a inspeção das máquinas, afim de requisitar a manutenção (recurso)
    yield emp.timeout(uniform(2,4)) # fila da inspeção, dist. uniforme [2,4]
    print("A inspeção após a %s terminou em %.1f minutos" %(ord_prod, emp.now))

    ### Manutenção ocorrerá de maneira randômica
    perfeitas = uniform(0,1) # distribuição uniforme em [0,1]

    if (perfeitas < 0.25): # condição aleatória para realizar a manutenção

```

Fonte: Próprios autores (2023)

Figura 3 - Parte 2 do código

```

if (perfeitas < 0.25): # condição aleatória para realizar a manutenção

    ## Ocorre a Manutenção
    req_ma = maintenance.request() # requisitando o recurso - manutenção
    yield req_ma # construindo a fila do recurso referente a manutenção
    yield emp.timeout(uniform(8,10)) # fila referente ao tempo de manutenção: 10 min
    maintenance.release(req_ma) # ao final da manutenção, libere o recurso
    print("Após a %s, a produção ficou parada até %.1f min. para a manutenção" %(ord_prod, emp.now))
    print("\tFila da manutenção: ", len(maintenance.queue))
    ## Terminada a manutenção, devemos liberar o recurso referente as operações
    operation.release(req_op) # liberando o recurso para próxima operação
    total_manutencoes += 1

else:

    ## Sem Manutenção
    operation.release(req_op) # liberando o recurso para próxima operação

    ## Avaliando a fila das máquinas
    machines_queue_len.append(len(operation.queue))
    print("\tFila nas máquinas: ", machines_queue_len[-1])

    ## Avaliando a fila da manutenção
    maintenance_queue_len.append(len(maintenance.queue))
    print("\tFila na manutenção: ", maintenance_queue_len[-1])

## Fixando a aleatoriedade da simulação
seed(123) # semente randômica

## Realizando a simulação
Emp = sim.Environment() # ambiente da simulação: empresa
Operation = sim.Resource(Emp, capacity=352) # recurso da manufatura
Maintenance = sim.Resource(Emp, capacity=64) # recurso da manutenção
Emp.process(arrivemo(Emp, Operation, Maintenance)) # processos da simulação
Emp.run(until=19200) # executando a simulação por 300 minutos

## Calculando a média da fila nas máquinas e na manutenção
avg_machines_queue = sum(machines_queue_len) / len(machines_queue_len)
avg_maintenance_queue = sum(maintenance_queue_len) / len(maintenance_queue_len)
print("\nMédia de entidades na fila das máquinas: %.2f" % avg_machines_queue)
print("\nMédia de entidades na fila da manutenção: %.2f" % avg_maintenance_queue)
print("\nTotal ordens: %.2f" %total_ordens)
print("\nTotal manutenções: %.2f" %total_manutencoes)

return go(f, seed, [])

```

Fonte: Próprios autores (2023)

## RESULTADOS

O código foi implementado na linguagem Python versão 3.9. Os testes foram realizados em um computador com processador 11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-1145G7 @ 2.60GHz 1.50 GHz, com 8GB de RAM sob sistema operacional Windows versão 10. Nesta seção, os resultados serão exibidos e análises dele serão feitas

A simulação retornou valores como a chegada de ordens de produção, o tempo de produção e manutenção do equipamento, bem como a fila de espera em cada etapa do processo. Foi calculado também o número médio de entidades em cada fila.

O processo segue o diagrama de ciclo de atividades apresentado na Figura 1. Um pedido é feito a cada 25 minutos, iniciando com uma requisição de um recurso (máquinas). As Ordens de Serviço aguardam em uma fila até que haja um recurso de manufatura liberado. Finalizada a produção, a ordem de produção é finalizada e os recursos de manufatura aguardam em uma fila para realização de inspeção (neste caso, seguiu-se uma condição aleatória para decidir se a manutenção seria necessária). Em casos onde a manutenção é necessária, é criado um novo processo de manutenção, com tempo seguindo  $U(0', 1')$ . Após encerrado o processo de manutenção, os recursos "máquina" e "inspetor" são liberados. Já nos casos onde a manutenção não é necessária, o recurso da manufatura é liberado assim que a inspeção finaliza, bem como o recurso de manutenção.

Vários cenários foram criados alterando-se apenas os parâmetros iniciais para realização de algumas análises. Inicialmente, foram simulados 7 cenários representando uma produção de 300 minutos, produzindo lotes de 10 unidades e 2 inspetores para realizar as inspeções e manutenções. O número de máquinas foi alterado em cada um dos cenários. A tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 1 - Resultados do algoritmo variando a quantidade de máquinas**

Minutos simulados	Qtd. de máquinas	Qtd. de inspetores	Total de OS geradas	Média de OS na fila de produção	Total de manutenções nas máquinas	Média de máquinas na fila da manutenção
300	5	2	132.00	41.13	13.00	0.02
300	6	2	139.00	34.11	19.00	0.03
300	7	2	126.00	26.88	20.00	0.00
300	8	2	149.00	30.90	24.00	0.02
300	9	2	145.00	22.03	27.00	0.06
300	10	2	125.00	5.24	26.00	0.15
300	11	2	125.00	3.76	30.00	0.17

Percebe-se que nestas proporções, o gargalo desta linha de produção está na produção. Em todos os cenários, a fila para a manutenção foi baixa e portanto, neste caso, não seria necessário a contratação de mais um inspetor. Entretanto, a fila de produtos a serem produzidos foi grande na maior parte dos cenários. Percebe-se que há uma grande queda na fila quando são disponibilizadas 10 máquinas. Isso pode indicar que, a partir deste número, a produção se torna mais viável.

A fim de analisar agora, a capacidade de simulação do algoritmo, foram criados cenários aumentando o tempo de simulação. A tabela 2 apresenta os resultados dos 7 cenários criados.

**Tabela 2 - Resultados do algoritmo variando os minutos de simulação.**

Minutos simulados	Tempo de processamento do algoritmo	Qtd. de Máquinas	Qtd. de inspetores	Total de OS geradas	Média de OS na fila de produção	Total de manutenções	Média de máquinas na fila da manutenção
300	4s	11	2	125.00	3.76	30.00	0.17
600	7s	11	2	242.00	2.93	64.00	0.15
1200	7s	11	2	470.00	1.98	123.00	0.13
2400	8s	11	2	932.00	2.36	254.00	0.14
4800	8s	11	2	1855.00	3.44	482.00	0.10
9600	15s	11	2	3787.00	7.14	962.00	0.12
19200	24s	11	2	7636.00	6.41	1923.00	0.11

Além disso, analisou-se também o aumento de máquinas e inspetores, considerando o tempo de 19200 segundos. O objetivo destas simulações é entender a capacidade de processamento de problemas de maiores dimensões. A tabela 3 apresenta os resultados:

**Tabela 3 - Resultados do algoritmo variando a quantidade de máquinas e inspetores.**

Minutos simulados	Tempo de processamento do algoritmo	Qtd. de Máquinas	Qtd. de Inspetores	Total de OS geradas	Média de OS na fila de produção	Total de manutenções	Média de entidades na fila da manutenção
19200	24s	11	2	7636.00	6.41	1923.00	0.11
19200	25s	22	4	7610.00	0.00	1864.00	0.01
19200	25s	44	8	7600.00	0.00	1931.00	0.00

Minutos simulados	Tempo de processamento do algoritmo	Qtd. de Máquinas	Qtd. de Inspetores	Total de OS geradas	Média de OS na fila de produção	Total de manutenções	Média de entidades na fila da manutenção
19200	25s	88	16	7600.00	0.00	1931.00	0.00
19200	26s	176	32	7600.00	0.00	1931.00	0.00
19200	26s	352	64	7600.00	0.00	1931.00	0.00

É possível observar que o tempo de processamento do algoritmo se manteve baixo, mesmo aumentando o tempo de simulação e a quantidade de máquinas e inspetores exponencialmente. Para simular uma produção de 320 horas (19200s) o maior tempo gasto foi de apenas 26 segundos. Sendo assim, entende-se que este modelo pode ser aplicado com facilidade para problemas de pequena e grande dimensão.

Além disso, observou-se em todos os cenários que, as primeiras ordens de produção foram concluídas rapidamente, mas, à medida que o tempo passava, as ordens de produção eram processadas com menos frequência devido ao tempo de espera necessário para a conclusão das ordens anteriores e para as inspeções de qualidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi simular, utilizando a biblioteca SimPy, a formação de filas e o sequenciamento da manutenção em uma linha de produção genérica.

O modelo desenvolvido respondeu aos objetivos propostos gerando resultados úteis como tamanhos de fila e quantidade produzidas respeitando restrições como capacidade da máquina, tempos de processamento, quantidade de recursos disponíveis e tempo de manutenção.

A partir de todos os dados e análises obtidas no estudo realizado, foi possível verificar a importância do estudo de fila para entender seu comportamento e identificar possíveis gargalos que prejudicam qualquer linha produtiva. Por conseguinte, pensar em como modificar o sistema de forma a minimizar esses gargalos encontrados.

Para futuros trabalhos, caso feita uma aplicação prática em uma linha de produção real, é proposto um estudo mais aprofundado dos tempos e movimentos de todos os processos, e principalmente, entender a distribuição probabilística que o processo de decisão de manutenção segue, basicamente, qual a porcentagem de máquinas vão para manutenção após a inspeção. Como se tratava de um algoritmo genérico, esta probabilidade foi gerada randomicamente, mas em uma linha de produção real, é importante entender este número para que a simulação seja condizente com a realidade, auxiliando no processo de tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. de; NOVAIS, M. de L. A.; MENDONÇA, A. C. A.; PEREIRA, J. A. M. Planejamento e Controle da Manutenção: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

FARIAS FILHO, D. A. de; LIMA JUNIOR, V. L. de. Gestão de manutenção industrial. São Paulo: Blucher, 2016.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R., P.; SADOWSKI, D. A. Simulation with ARENA. 2nd. ed. Columbus, Ohio: McGraw Hill, 2000.

MAIA, D. D. Manutenção Preditiva: conceitos, metodologias e aplicações. São Paulo: Érica, 2013.

MULLER, Klaus; VIGNAUX, Tony. SimPy: Simulating Real-World Processes with Python. EUA: Springer Science & Business Media, 2017.

REASON, J. Cognitive Engineering in the Aviation Domain. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.

SANTOS, E. M. dos; OLIVEIRA, M. A. de; ALVES, R. M. Sequenciamento da manutenção baseado em modelagem matemática para equipamentos industriais. Gestão & Produção, v. 23, n. 4, p. 817-829, 2016. DOI: 10.1590/0104-530x1618-16.

SHARMA, A.; YADAVA, G. S.; DESHMUKH, S. G. A literature review and future perspectives on maintenance optimization. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 17, n. 1, p. 5-25, 2011. DOI: 10.1108/13552511111116222

SILVA, E. B. *et al.* Avaliação de regras de sequenciamento da produção em ambientes Job shop e Flow shop por meio de simulação computacional. Exacta, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 70-81, 2012.

SOUZA, L. A. de. Introdução à Engenharia de Manutenção. São Paulo: Érica, 2014.

## Biolubrificantes: conceitos, benefícios e aplicações na indústria

Marinalva Ferreira Trajano  
Salette Martins Alves  
Leonardo Vale de Araujo  
Sheyla Varela Lucena

### RESUMO

Nos dias atuais sabe-se que o nome sustentabilidade, meio ambiente e energia tem sido alguns dos temas mais comentados globalmente. Porém, sabe-se que desde a descoberta do petróleo, este recurso finito vem sendo usado gradativamente sem um controle adequado e assim, um dia ele deverá cessar. Pensando nessa possibilidade, há alguns estudos e pesquisas que procuram alternativas viáveis economicamente e ambientalmente, os biolubrificantes, que possam vir a assemelhar-se ou substituir os óleos minerais oriundos do petróleo ou até mesmo os óleos sintéticos de origem laboratorial e com alto custo de produção. Logo, o objetivo desse trabalho é realizar um estudo desses biolubrificantes, seus benefícios e sobre como eles são aplicados na indústria. Para isso realizou-se uma pesquisa bibliográfica de artigos, trabalhos de autores sobre os biolubrificantes e sua importância na aplicação industrial. Observando os resultados obtidos com os óleos vegetais (biolubrificantes), pode-se concluir que essa revisão obteve sucesso na questão dos benefícios que os biolubrificantes podem trazer ao meio ambiente, a indústria e a tribologia. Porém, há poucos estudos e pesquisas sobre a aplicação dos biolubrificantes, principalmente na indústria eólica, podendo ser algo a se pensar em um futuro próximo.

**Palavras-chave:** biolubrificantes. benefícios. aplicações.

### INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma preocupação quanto aos recursos naturais não renováveis, pois sabe-se que em algum momento este recurso acabará. Um bom exemplo disso é o petróleo, uma substância oleosa composta por hidrocarbonetos, sua densidade é menor que a densidade da água, é inflamável e também é um dos recursos naturais mais utilizados como principal fonte de energia nos dias atuais Maciel *et al.* (2021).

A lubrificação teve início na pré-história. Após o surgimento da





roda e do eixo, apareceram os primeiros veículos com eixos e rolamentos em madeira. Deste modo, as pessoas descobriram que espalhar gordura animal, nas partes secas e rangentes, permitia que a roda girasse de forma silenciosa e suave. Edwin Drake, em 1859 perfurou o primeiro poço de petróleo, na Pensilvânia, erguendo a indústria do petróleo, assim como, os lubrificantes processados à base deste (MEIRA, 2021).

Ramos (2016) ainda afirma que, o desenvolvimento de máquinas, com velocidades maiores e mais especificações para a produção em massa, levaram à especialização de lubrificantes. Um lubrificante de uso geral, que funcionava bem numa máquina simples, poderia não atender a novos requisitos, quanto as altas temperaturas e velocidades maiores. Portanto, as falhas apresentadas nas máquinas foram justificadas devido ao atrito e ao desgaste.

Junto com esse problema, surge também a preocupação ambiental, pois lubrificantes que são produzidos pelo petróleo e os sintéticos em laboratórios podem prejudicar o meio ambiente. Pensando assim, autores como Trajano *et al.* (2017), Oliveira (2021), Queiroz (2021) e Giacomini (2022) escrevem sobre o quanto um lubrificante produzido a base de petróleo e sintético pode contribuir para poluir o meio ambiente.

Então, surgem novas alternativas de substituição do lubrificante oriundo do petróleo por biolubrificantes, porém ainda em estudo, necessita de mais informações e dados concretos. Dessa forma, este capítulo tem como objetivo realizar um estudo variado de artigos, trabalhos de autores sobre os biolubrificantes, seus benefícios e possíveis aplicações na indústria.

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre os biolubrificantes, seus benefícios e aplicação na indústria. Para isso foram necessários buscar autores que relatem a importância, as vantagens e desvantagens, dados significativos que mostrem onde cada biolubrificantes possa ser aplicado.

Foram utilizados 67 autores dos 90 artigos pesquisados. O que fez incluir os sessenta artigos nesse trabalho foram que eles relatam de forma detalhada de como são os biolubrificantes, os tipos que se pode encontrar em fase de testes ou até mesmo em processo de comercialização e as aplicações que foram encontradas. Os demais artigos foram excluídos devido não obter informações necessárias a este trabalho.

Foram divididas em algumas etapas:

- Leitura de vários artigos sobre biolubrificantes;
- Escolha dos artigos a serem utilizados no artigo;
- Verificar se os dados são coerentes ou discrepantes entre os autores consultados;
- Definir a abordagem dos dados;
- Verificar e escrever o artigo observando conceitos, benefícios e aplicações dos biolubrificantes.

## LUBRIFICANTES

A função de um óleo lubrificante é construir e reter uma camada de lubrificação entre duas superfícies metálicas móveis para evitar seu contato direto e, assim, diminuir o desgaste e o atrito (SHARMA *et al.*, 2018; SALSAMENDI, 2020).

Esta função depende principalmente da viscosidade e, portanto, a torna a característica mais importante para a seleção e aplicação de óleos lubrificantes (SANTOS, 2021). Um amplo conjunto de parâmetros de temperatura e taxa de cisalhamento para estudos reológicos de lubrificantes foi relatado por pesquisadores que trabalham com lubrificantes ecológicos, minerais e/ou renováveis. Os parâmetros de teste para estas pesquisas foram determinados por um exame cuidadoso observados por Sharma *et al.* (2019).

Os lubrificantes convencionais de petróleo são prejudicados com limitações de esgotamento das reservas de petróleo bruto, preços flutuantes do petróleo, falta de biodegradabilidade e efeitos adversos na saúde, na segurança e ambientalmente, afirma Pereira (2019).

Os biolubrificantes à base de óleos vegetais surgiram como substitutos dos lubrificantes derivados do petróleo devido às suas propriedades mais corretas e benéficas ambientalmente. Vários óleos vegetais em diferentes formas, como óleo natural sem modificação química ou misturado com óleos minerais lubrificantes básicos ou aditivos ou com modificação química via esterificação, transesterificação, epoxidação e hidrólise, têm sido aplicados por pesquisadores com vários graus de êxitos (TRAJANO *et al.*, 2021).

## BIOLUBRIFICANTES

Os lubrificantes minerais são obtidos pelo processo de refino do petróleo. A parte do petróleo destinada à produção de óleo mineral é obtida no processo de separação por destilação que consiste em vaporização e condensação. Embora o mercado seja dependente de parte do óleo derivado do petróleo, há a preocupação a nível mundial, devido à origem não renovável desse material, de existir a geração de resíduos difíceis de serem tratados e, assim, ele é considerado como um produto perigoso e tem potencial tóxico (PEREIRA, 2022; FILHO *et al.*, 2016).

Na tentativa de buscar uma possível substituição do lubrificante oriundo do petróleo, foram desenvolvidos estudos para tornar os óleos vegetais uma fonte de lubrificantes que recebe a nomeação de biolubrificante. O termo biolubrificante tem origem na natureza biodegradável, intitulando assim, os lubrificantes que podem se decompor, que não são tóxicos (MACEDO, CONCEIÇÃO E SANTOS, 2021).

Então, biolubrificantes segundo Trajano (2013 e 2017), Souza *et al.* (2019), Macedo, Conceição e Santos (2021), são óleos vegetais com uma alta proporção de ácido oleico que passam por processos químicos e físicos para serem lubrificantes e são menos danosos ao meio ambiente que os demais.

Os óleos minerais puros não apresentam função como lubrificantes, sendo fundamental o uso de aditivos para torná-los adequados ao uso. Em contrapartida, os óleos vegetais sem passarem por nenhuma transformação química apresentam melhores lubricidade, viscosidade e volatilidade, devido ao tamanho e à massa molar média das cadeias de triglicerídeos e à presença de grupos ésteres polares, que aumentam a viscosidade e a tendência de formação de filme sobre superfícies metálicas (BREVES, 2018; PEREIRA, 2022).

O considerável aumento nos preços dos produtos oriundos do petróleo, a necessidade de materiais que muitas vezes não são renováveis e os impactos ambientais provocados pelas indústrias, tem-se mostrado pesquisadores preocupados e motivados a buscarem novas alternativas que possam obter energia e produtos que não dependam de combustíveis fósseis. A produção de biolubrificantes a partir de produtos renováveis são exemplos desses estudos (SOUSA *et al.*, 2019).

## Tipos de Biolubrificantes

A lista parcial de óleos vegetais analisados como potencial para ser um biolubrificante incluem: canola, rícino, coco, milho, semente de algodão, jatropha curcas, karanja pongamia pinnata, mostarda, palma, amendoim, colza, farelo de arroz, cártamo, soja, girassol e óleo de cozinha usado (PEREIRA, 2022).

Porém Sharma *et al.* (2019) adverte que vários desses óleos são comestíveis na natureza e servem como fonte chave de nutrição para 7,4 bilhões da população humana mundial. Ultimamente, a pesquisa tem sido deslocada para fontes não comestíveis, como karanja, linhaça, semente de borracha, tabaco, resíduos de óleo de cozinha, óleo de algas e microalgas, banha, sebo e gordura de aves. No entanto, a disponibilidade de óleos não comestíveis em quantidades suficientes para atender às demandas da indústria de biolubrificantes pode ser uma questão crítica de preocupação.

### Biolubrificante de soja

Conforme Carvalho (2019) e Alves *et al.* (2013), afirmam que os tocoferóis presentes no óleo bruto fornecem uma estabilidade oxidativa ao novo biolubrificante. Além de triglicerídeos, o óleo de soja apresenta pequena quantidade de fosfolipídios, esteróis, carotenóides, clorofilas, mono e diglicerídeos e ácidos graxos com radicais livres.

A extração do óleo de soja é feita por solvente, em que o hexano retira todo óleo presente nas sementes, depois elas são trituradas e passadas pelo processo de aquecimento. A mistura é conduzida por tubulações a estanque para equipamentos nos quais o solvente será evaporado, obtendo o óleo bruto. Este passará pelo processo de refino, depois pela degomagem, que é a retirada da goma, pela neutralização de ácido graxos livres, com solução de NaOH, pela clarificação e pela desodorização e, após esses processos, pelo envase (D'ARCE, 2006).

A epoxidação de óleos vegetais transforma o produto em biolubrificantes, sendo uma das formas de se obter este produto renovável. Isso é possível, porque os óleos vegetais, como o óleo de soja, são constituídos por uma mistura de triglicerídeos, onde na

sua cadeia existem ácidos graxos com ligações insaturadas (FARIAS, 2010).

A epoxidação torna os óleos vegetais mais reativos, diminui o número de insaturações presentes no óleo, aumentando a sua estabilidade oxidativa, e, ainda, acrescenta grupos funcionais eletronegativos à molécula, aumentando a tendência de formação do filme sobre uma superfície metálica que já é presente nos óleos vegetais (BREVES, 2018).

Existem quatro formas de se fazer a reação de epoxidação: com ácidos percarbóxicos catalisado por ácidos ou enzimas; com peróxidos orgânicos ou até mesmo com os inorgânicos; com halohidrinás e com oxigênio molecular (SANTOS, 2011).

A epoxidação com ácidos percarbóxicos, catalisada por ácidos ou enzimas e a epoxidação com peróxidos orgânicos ou inorgânicos são as formas mais limpas, eficientes e viáveis. Em escala industrial, é utilizada a epoxidação com ácidos percarbóxicos (GOUD *et al.*, 2006; LIMA, 2011).

A reação de epoxidação é uma reação extremamente exotérmica, na qual deve haver o controle da temperatura. Em escala industrial, a epoxidação com o ácido peracético não seria viável devido ao risco de segurança por causa da instabilidade do perácido, já a reação com ácido perfórmico acaba sendo viável devido o ácido fórmico ser aditivado ao óleo e depois ocorre a adição gradativa do peróxido de hidrogênio, mostrando-se, assim, adequado para controlar a reação em processos industriais (PEREIRA, 2022).

Existem resultados em Trajano (2013) e Trajano (2017) que mostram óleos vegetais epoxidados como vantajosos devido a biodegradabilidade e origem renovável.

Os óleos vegetais, quando comparados com os óleos minerais, apresentam melhores características físicas, químicas e tribológicas, como: baixa volatilidade, alto índice de viscosidade, fácil miscibilidade com outros fluidos, reduzida toxicidade, melhor desempenho tribológico e maior afinidade com o metal em contato.

### **Biolubrificante de girassol**

O Brasil tornou-se o segundo maior produtor de sementes oleaginosas, ficando atrás dos Estados Unidos. Das sementes oleaginosas, o girassol é a terceira oleaginosa mais produzida no mundo, depois da canola e da soja. A estimativa de produtividade de girassol em 2016 no estado do Mato Grosso com 25,6 mil hectares e depois Goiás com 14 mil hectares (CONAB, 2016; SCHWERZ *et al.*, 2016).

O girassol vem se destacando consideravelmente pelo mundo devido ao seu múltiplo uso nas indústrias, sendo que, quase toda parte da planta pode ser aproveitada. Diversos trabalhos foram realizados nos últimos anos a fim de proporcionar outras formas de aplicação para o girassol, de modo que, toda a sua parte seja aproveitada de maneira sustentável, assim diz o estudo de Rabonato (2017).

Uma das alternativas encontradas é a utilização da semente para a produção do combustível biodiesel, que é considerado um grande avanço em termos tecnológicos, devido à sua eficiência na redução da emissão de gases do efeito estufa, diminuindo assim a dependência do Brasil em relação ao petróleo (CANILHA *et al.*, 2010).

Outra alternativa encontrada é o biolubrificante, feito da epoxidação do óleo de girassol seja *in natura* ou comercial. Nos estudos de Trajano *et al.* (2021), o biolubrificante vegetal foi sintetizado por reação de epoxidação e tem resultados das características físico-químicas e tribológicas satisfatórias. Na tabela 1 pode-se verificar as características físico-químicas do óleo oriundo do girassol.

**Tabela 1 - Características físico-químicas do óleo de girassol após a reação de epoxidação.**

Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) a 40 °C/100 °C	0,9559
Viscosidade (cSt)	78,7/12,1
Índice de Viscosidade	149
Termogravimetria	310
Acidez (mg de KOH/g de gordura)	0,22
Índice de Iodo (g de I <sub>2</sub> /100 g de gordura)	2,88
Índice de Epoxidação	47

**Fonte: Adaptado de Trajano et al. (2021)**

Estes resultados são importantes para indicar que pode-se obter um biolubrificante com características físico-químicas adequadas segundo a autora Trajano *et al.* (2021).

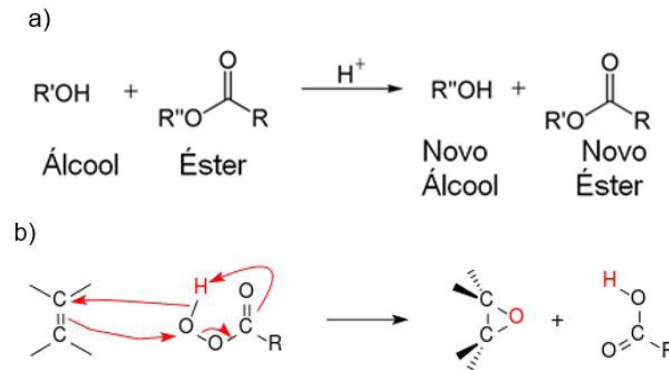
### **Biolubrificante de mamona**

O óleo de mamona ou óleo de rícino, é predominantemente formado por um único ácido graxo, cerca de 90% é formado pelo ácido ricinoléico, o que o difere dos demais óleos que possuem cerca de três ou mais ácidos graxos diferentes. Isso ocorre devido a estrutura química que torna o óleo mais denso, mais viscoso e de maior ponto de ebulição, onde na maioria dos óleos vegetais o PE é de aproximadamente 313°C (CARDOSO, 2020; FARIAS *et al.*, 2021).

O ácido ricinoléico tem uma ligação insaturada, que pertence aos compostos chamados de hidroxiácidos e possui um alto peso molecular (280 gramas a cada molde hidroxiácidos). Esse composto hidroxila confirma uma característica importante no óleo de mamona, ele é solúvel em álcool, algo que não ocorre nos demais óleos vegetais. Além disso, o óleo de mamona possui três pontos fundamentais na molécula: o grupo carbóxico, que pode ser acetilado ou removido por desidratação para que ocorra o aumento da insaturação e confere a característica de um óleo semi-secante (CANGEMI *et al.*, 2010; FARIAS *et al.*, 2021).

Os biolubrificantes provenientes de mamona são formados pela junção entre as moléculas de ácidos graxos e glicerol -os triglicerídeos-, que são biodegradáveis e eficientes na lubrificação de metais, porém, apresentam limitada estabilidade térmica e oxidativa (SALIMON *et al.*, 2011).

Para que tais características sejam atribuídas aos lubrificantes de origem vegetal, modificações químicas devem ser empregadas como a reação de transesterificação e de epoxidação (Figura 2).

**Figura 2 - Reações Químicas para: a) Transesterificação e b) Epoxidação.**

Fonte: Adaptado de Geris (2007) e Luís (2021) apud FARIAS (2021).

A transesterificação é uma opção para aumentar a eficiência dos óleos vegetais como biolubrificantes. A mamona por exemplo, como combustíveis, sendo um processo simples, cujo produto denominado de éster alquílico, tem características similares ao óleo diesel obtido do petróleo (CONCEIÇÃO *et al.*, 2009).

Nos estudos de Farias *et al.* (2021), eles fizeram a reação de transesterificação usando o óleo de mamona com a presença do metanol na presença de hidróxido de potássio proporcionou a obtenção da mistura de éster metílico (o biodiesel). O rendimento apresentado foi em torno de 98%, que é um valor bem expressivo quando comparado a outras oleaginosas (dendê foi entre 18-20%; soja com 15-17%; algodão teve entre 13-15% e moringa com 20-35%), de acordo com Moreira *et al.* (2010). Os ésteres metílicos (biodiesel) obtidos foram caracterizados concordando com as propriedades físico-químicas estimadas em estudos anteriores.

Epoxidar óleos vegetais tornou-se uma alternativa para produzir lubrificantes biodegradáveis fazendo com que estes tenham uma maior estabilidade térmica e seja uma reação de importância comercial porque os epóxidos procedentes do oleato de metila têm aplicações como plastificantes e estabilizantes dos polímeros (GOUD *et al.*, 2006).

A reação de epoxidação ocorre utilizando o éster metílico da mamona na presença de ácido peracético proporcionou a obtenção do epóxido de éster metílico do biolubrificante de mamona. O rendimento ficou em torno de 94,4%, o que indica a eficiência do processo (NUNES *et al.*, 2008; SANTOS, 2011; FARIAS *et al.*, 2021).

O epóxido de éster metílico de óleo de mamona (biolubrificante) obtido foi caracterizado de acordo com suas propriedades físicas e químicas. O óleo de mamona é uma boa opção para a produção de bioprodutos (biodiesel e óleo básico biolubrificante), devido a sua composição de ácido graxo saturado, que apresenta baixa acidez e uma viscosidade consideravelmente alta. A partir das qualidades apresentadas por essa oleaginosa foi possível obter biodiesel usando o processo da transesterificação convencional e o biolubrificante por meio da epoxidação segundo Farias *et al.* (2021).

Segundo a Agência Nacional de Petróleo não existe uma legislação que especifique os parâmetros no Brasil para controle de óleos básicos de biolubrificantes. Logo, para análise de parâmetros físico-químicos é necessário a utilização dos métodos descritos no anexo III da Resolução 22/2010 para lubrificantes (ANP, 2010; FARIAS *et al.*, 2021).

Já Rios (2021), traz uma tabela (Tabela 2) de seus estudos indicando as propriedades do óleo de mamona para ser produzido biolubrificante e PVC (Polimerização de Cloreto de Vinila):

**Tabela 2 - Propriedades físico-químicas dos ácidos graxos do óleo da mamona.**

Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	0,943
Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s) a 40 °C e 100 °C	136,81/12,806
Índice de Viscosidade	83,2
Ponto de Fluidez em °C	-24,0
Acidez (mg de KOH/g de gordura)	137,55
Estabilidade Oxidativa	0,31

**Fonte: Adaptado de Rios (2021)**

Os valores de índice de acidez, após a titulação, indicam que o material inicial do trabalho não se trata de triglicerídeos, e sim de ácidos graxos livres. Esse alto valor é explicado pela presença de grupos ácidos carboxílicos na composição (KURNIAWAN *et al.*, 2017).

O valor de viscosidade dos ácidos graxos do óleo da mamona, apresentado na Tabela 2, é bastante elevado devido a ligação de hidrogênio do grupo (COOH) e também à grande percentagem de ácido ricinoléico presente em sua matriz. O valor apresentado no índice de viscosidade foi baixo e isso é prejudicial para o uso de um biolubrificantes, pois o mesmo, considera o desempenho do material com a elevação da temperatura de uma forma acelerada, sendo resultados a partir de 100 considerados adequados, segundo Rios (2021).

Dessa forma, tem-se que o óleo de mamona poderá ser um biolubrificante, mas com as características que ele apresenta se torna mais viável na produção de biocombustíveis.

### **Biolubrificante de dendê**

O dendê, dendezeiro ou palma como é popularmente conhecido, é a planta que produz muito mais óleo do que a soja. É um óleo usado na culinária brasileira, principalmente na comida baiana, mas também conhecido na Angola (HENKES; LEBID, 2015; SILVA, 2019).

Este óleo está juntamente com o de mamona entre os mais utilizados na produção do biodiesel por causa da composição, baixo custo, produção recorrente durante todo o ano, alta produtividade podendo ser cultivado em diferentes áreas, sem comprometer os cultivos que servem para alimentação (HENKES; LEBID, 2015). O Pará é o estado onde se cultiva esta planta e que investe em pesquisa de biodiesel com o óleo oriundo do dendê. Na tabela 3 pode-se observar algumas características do óleo de dendê:

**Tabela 3 - Propriedades físico-químicas dos ácidos graxos do óleo de Dendê.**

Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	0,9118
Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s) a 40 °C e a 100 °C	36,8/20
Índice de lodo (g de I2/100 g de gordura)	49-55
Ponto de Fluidez em °C	15
Acidez (mg de KOH/g de gordura)	4,9

**Fonte: Adaptado de Silva (2019)**

Pelos resultados obtidos, observa-se que o lubrificante vegetal citado nesse item pode vir a ser usado como alternativa de substituição do óleo mineral e segundo Silva (2019), tornando-o eficiente.

### **Biolubrificante canola**

O óleo vegetal de Canola, estudado por Almeida *et al.* (2017), tem sido produzido em abundância no Brasil. Nesse estudo, verificou-se o potencial do óleo de Canola *in natura* e seus derivados para atuarem como óleos lubrificantes, observando resultados com boas características para obter um biolubrificante. Observa-se a Tabela 4, onde pode-se obter algumas características físicas e químicas do óleo de canola:

**Tabela 4 - Propriedades físico-químicas dos ácidos graxos do óleo de Dendê**

Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	0,874
Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s) a 40 °C e a 100 °C	145,7/56
Índice de lodo (g de I2/100 g de gordura)	124,2
Ponto de Fulgor (min °C)	160
Acidez (mg de KOH/g de gordura)	48,7

**Fonte: Adaptado de Schmatz (2015) e de Meier et al. (2015)**

Outro resultado interessante nesse estudo diz respeito a viscosidade cinemática do óleo *in natura* que aumenta de forma considerável em relação aos seus derivados e também sendo mais elevada que a maioria dos óleos lubrificantes de bases minerais.

Confirmando o que foi afirmado, Borugadda, Somidi e Dalai (2017), relatam que esses resultados de Almeida *et al.* (2017) tiveram êxito devido a abertura dos anéis oxiranos na reação de epoxidação onde os óleos vegetais passam a oferecer funcionalidades interessantes como fluidez melhorada a baixa temperatura, viscosidade melhorada e alta estabilidade, atuando como lubrificantes com maior eficiência.

### **Outros biolubrificantes**

Existem outros óleos que podem tornar-se um biolubrificante, outros não possuem as características físico-químicas necessárias para serem lubrificantes. Então, abaixo serão analisados alguns artigos, estudos de autores que apresentam algumas divergências.

Cavalcanti (2014) e Cavalcanti (2018) estudaram a carnaúba. O óleo de carnaúba quando comparado com o óleo comercial apresentou melhor desempenho na lubrificação de um sistema mecânico, diminuindo o desgaste e aumentando a capacidade em dissipar o calor, ele combina uma boa lubricidade com boas propriedades térmicas. Diante das análises, o óleo de carnaúba demonstrou resultados satisfatórios, apresenta uma boa correlação para sua aplicação como biolubrificante.

Couto *et al.* (2015), Matos (2018) e Martins (2021) escreveram sobre a macaúba. Eles relatam que a dificuldade em reduzir a alta acidez do óleo e o comportamento irregular da viscosidade na avaliação da estabilidade térmica torna o óleo de macaúba ainda inapto para sua utilização como lubrificante.



Aquino (2018), Antunes (2017), Da Costa Freire (2019) e Moreira (2021) pesquisaram a moringa. Na epoxidação do óleo de moringa ocorre a quebra das insaturações (96%), diminuindo a instabilidade do composto e facilitando a produção de biolubrificantes.

Silva (2015) relatou que os biolubrificantes produzidos a partir da semente de maracujá, extraindo o óleo e modificando-o através da reação de epoxidação mostraram melhores características tribológicas que os lubrificantes comercializados e testados podendo ser uma alternativa de substituição aos fluidos minerais.

Silva (2019) pesquisou sobre biolubrificantes de algodão que são produzidos através da reação do óleo da semente do algodão mais o álcool, ciclohexanol e propileno glicol. Esse biolubrificante apresentou nesse estudo variadas propriedades físico e químicas de acordo com as normas para lubrificantes, como: viscosidade, ponto de fluidez, índice de viscosidade e corrosividade do cobre são características com o diferencial de serem produtos de fontes renováveis e amigos do meio ambiente.

## Vantagens e desvantagens dos biolubrificantes

As máquinas possuem peças que são móveis, no motor do carro, no barbeador elétrico são exemplos disso. Essas peças precisam de lubrificantes para poder executar suas funções com suavidade e obter uma vida útil maior. Nos tempos atuais, a maior parte dos lubrificantes são os óleos bases com aditivos para aumentar a eficiência e o desempenho de cada peça metálica utilizada (PEREIRA, 2022).

Existem muitos rótulos ambientais para diferenciar os biolubrificantes dos lubrificantes tradicionais utilizados atualmente. Pode-se citar que algumas empresas e/ou indústrias tem-se utilizado dos lubrificantes ecologicamente corretos para divulgar seus empreendimentos de forma a conscientizar a população que o mundo precisa de produtos com responsabilidade e com menos riscos ambientais (COSTA, 2021).

Segundo Rios (2021), Dos Santos Barbosa (2021) e Pereira (2022), as maiores vantagens de se usar os biolubrificantes estão no quadro 1:

**Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens dos Biolubrificantes**

Vantagens	Desvantagens
Diminuir ou minimizar as perdas de energia mecânica	Altas temperaturas (acima de 300 ° C) traz inviabilidade de utilização como lubrificante
Facilitar o movimento das ignições necessárias durante o funcionamento do motor	Sua instabilidade termo-oxidativa e hidrolítica (precisa-se de um controle)
Reduzir o desgaste dos componentes sujeitos à fricção (durante a fricção das peças, se elas trabalharem sem uma lubrificação, haverá um desgaste maior)	Alto custo para algumas aplicações (combustíveis)
Proteger os componentes da corrosão, impedindo que as peças tenham algum desgaste por ácido	Óleos vegetais refinados para a produção de lubrificantes compete com a indústria de alimentos
Aumentar a estanqueidade, para que haja maior contato com a água, evitando, assim, a oxidação das peças	Em algumas modificações químicas necessitam de catalizadores que são os problemas operacionais causados pelas reações ocorridas na produção dos biolubrificantes
Evitar que partículas, detritos sujos obstruam componentes do motor	Alta demanda de água e energia nos processos necessários para produzir produtos mais puros

Vantagens	Desvantagens
Alta biodegradabilidade	Necessidade de incentivo governamental para que os preços entre os materiais renováveis se tornem competitivos com os derivados do petróleo
Menor toxicidade, maior lubrificidade, alto índice de viscosidade	A alta resistência à transferência de massa para o substrato e uma possível liberação de enzimas da estrutura após sucessivos ciclos
É seguro quando utilizado	Substituição de áreas agrícolas alimentares para áreas com oleaginosas
Longevidade dos componentes	Aumento do consumo de água nas regiões rurais no cultivo das plantas que apresentam sementes oleaginosas
Distribuição das perdas por evaporação e do óleo	O elevado peso específico dos biolubrificantes, tendem a elevar a retenção de partículas sólidas contaminante
Prevenção e conscientização contra a poluição do meio ambiente	Os lubrificantes biodegradáveis devem ser monitorados quanto a viscosidade, acidez (que pode fornecer uma indicação precisa de qualquer aumento na oxidação)

**Fonte: Rios (2021), Reis et al. (2019), Dos Santos Barbosa (2021) e Pereira (2022).**

As desvantagens mesmo sendo arriscadas, pode-se observar que valem o risco utilizar biolubrificantes quando monitorados de perto, com mais estudos para resolver alguns problemas, pois somente pelo fato de serem biodegradáveis, esses óleos colaboram com o meio ambiente e tende a ser uma alternativa quando os derivados de petróleo não forem suficientes para suprir a demanda.

## Aplicações na indústria

Sabe-se que o uso dos lubrificantes a nível mundial é da ordem de 35 milhões de toneladas por ano. Apenas 1% deste valor é utilizado pelos biolubrificantes. Enquanto o mercado de lubrificantes de origem mineral se encontra em uma fase onde não há mais crescimento, os biolubrificantes têm crescido 10% ao ano em dez anos (SILVA E FREIRE, 2016).

A indústria oleoquímica, segundo Freire e Silva (2016), relata sobre a produção dos de lubrificantes que tem origem vegetal. Eles se apresentam como um grande desafio no desenvolvimento de bioprodutos, pois esmagar as sementes, refinar o óleo, fracionar e transformar quimicamente este óleo em biolubrificantes precisa-se de muita tecnologia envolvida.

O sistema industrial possui dessa forma um desafio a ser superado na área de biolubrificantes para assim sintetizar e pesquisar novos biolubrificantes apresentando uma boa resistência à oxidação e também sejam biodegradáveis (SILVA E FREIRE, 2016).

Nos estudos de Souza (2021), os derivados vegetais se mostraram promissores como possíveis substitutos dos derivados fósseis, como por exemplo, o uso de plastificantes do PVC, devido a sua estabilidade térmica com os compostos de PVC e estes compostos apresentaram menor migração para o meio e isto abranda os graves danos ao meio ambiente, provocados por produtos fósseis.

Existem algumas empresas investindo em lubrificantes oriundos de óleos vegetais no Brasil, tais como NOTOX e VG Bio para aplicação em indústrias de usinagem. Esses investidores estão em contato direto com os operadores e perceberam que eles podem sofrer irritação ou alergia devido à névoa criada pelas altas temperaturas atingidas pelos lubrificantes utilizados atualmente, ou seja, com os óleos minerais e os sintéticos. Alguns podem conter cloro em sua composição, além de compostos aromáticos nos óleos minerais, os quais são nocivos à saúde. Logo, existe um produto desenvolvido no Brasil, o óleo de mamona, sendo utilizado na usinagem (MATOS, 2018).

Serra (2018) relatou que a inserção dos óleos de urucum e coco na manutenção de rolamentos e de alguns metais, utilizando-os como biolubrificantes, contribuiu na redução de desgaste e de atrito.

Não se tem muitas aplicações ainda para os biolubrificantes, mas sabe-se que eles se apresentam como possíveis alternativas viáveis, oriundas de fontes renováveis, em substituição aos derivados de origem fóssil, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os lubrificantes vegetais têm um grande potencial ainda para ser explorado por causa de poucas pesquisas e quase nenhum investimento.

A maioria das pesquisas estão relacionadas quanto a investigação do uso dos óleos vegetais como biodiesel, deixando de lado os estudos relacionados aos biolubrificantes. Mas, verificou-se que mesmo com pouco investimento no Brasil, os biolubrificantes estudados nesse capítulo podem tanto serem cultivados nas terras brasileiras quanto podem vir a ser uma alternativa de substituir os óleos minerais e sintéticos no futuro. Os biolubrificantes são menos agressivos ao meio ambiente e são de fontes renováveis.

Para que o óleo seja considerado um biolubrificante, este deve apresentar características físico-químicas específicas, como: viscosidade maior que óleo vegetal refinado, índice de viscosidade que corroborem com a realidade de cada aplicação, pois viscosidade é essencial para a eficiência de qualquer lubrificante, mas também deve-se pensar na aplicabilidade, cada uma apresentando um valor diferente de viscosidade. O ponto de fulgor, índice de acidez, ponto de fluidez, estabilidade oxidativa, volatilidade deve estar de acordo com as normas especificadas de cada óleo vegetal.

Mas, buscando os estudos de alguns pesquisadores nessa revisão obteve-se um resultado onde o óleo de mamona com maior viscosidade é utilizado para os processos que se utiliza a usinagem. O biolubrificante de girassol e soja já permite que se utilize para pequenas engrenagens, rolamentos e ainda em estudos para aplicar em engrenagens de turbinas eólicas.

Como biodiesel os óleos citados na revisão apresentam-se eficazes nos estudos com girassol, dendê e mamona. Já os óleos de carnaúba, macaúba e algodão tornaram-se viáveis para o desenvolvimento de biolubrificantes.

A indústria tem uma grande responsabilidade quando aceita desafios como o de transformar quimicamente óleos vegetais em lubrificantes biodegradáveis. Relata-se que duas empresas, NOTOX e VG Bio, que investem em produção de biolubrificantes e essas, estão na frente das demais quanto a pesquisa, inovação e no cuidado com o meio ambiente.

Observando os resultados obtidos com os óleos vegetais, pode-se concluir que essa revisão obteve sucesso na questão dos benefícios que os biolubrificantes podem trazer ao meio ambiente, a indústria e a tribologia. Porém, há poucos estudos e pesquisas sobre a aplicação dos biolubrificantes. Algo a se pensar em um futuro próximo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. S., Politi, J. R. S., & Matos, P. R. R. de. (2017). Síntese e Caracterização Físico-Química de Derivados de Óleos Vegetais Nativos para Uso como Óleo Base Lubrificante. *Revista Processos Químicos*, 11(22), 53-57. <https://doi.org/10.19142/rpq.v11i22.406>

ALVES, Salete Martins *et al.* Comportamento tribológico de lubrificantes à base de óleo vegetal com nanopartículas de óxidos em condições de lubrificação limite. *Tribology international*, v. 65, p. 28-36, 2013.

ANP. Agência Nacional do Petróleo. Resolução ANP Nº 22 de 02 de julho de 2010. Regulamenta as especificações de graxas e óleos lubrificantes destinados ao uso veicular e industrial. Brasília, 2010.

ANTUNES, Quíssila Gois. Desenvolvimento de um biolubrificante derivado do óleo de moringa *Oleífera Lam.* 2017.

AQUINO, Carolina Barros. Desenvolvimento de biolubrificantes a base de óleo de moringa. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BORUGADDA, Venu Babu; SOMIDI, Asish KR; DALAI, Ajay K. Chemical/structural modification of canola oil and canola biodiesel: Kinetic studies and biodegradability of the alkoxides. *Lubricants*, v. 5, n. 2, p. 11, 2017.

BREVES, R. A modificação química dos óleos da polpa e da amêndoa da macaúba (*acrocomia aculeata* (jacq.) lood. ex mart) para a obtenção de epóxidos. Laboratório de Pesquisa em Polímeros e Nano-materiais. UNB. 2018.

CANGEMI, J. M. *et al.* A revolução verde da mamona. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 3-8, 2010.

CANILHA, L. *et al.* Sacarificação da biomassa lignocelulósica através de pré-hidrólise ácida seguida por hidrólise enzimática: uma estratégia de “desconstrução” da fibra vegetal. *Revista Analytica*, São Paulo, v. 44, p.48-54, dez. 2009/jan. 2010.

CARDOSO, T. S. Uma revisão da utilização de catalisadores heterogêneos para a produção de biodiesel. *Brazilian Applied Science Review*, v. 4, n. 1, p. 240-276, 2020.

CARVALHO, Geovane Chacon de. Composição de ácidos graxos em óleos vegetais obtida por cromatografia gasosa e sua correlação com propriedades térmicas, reológicas, espectroscópicas e outras propriedades físico-químicas. 2019.

CAVALCANTI, Cristina Fernandes *et al.* Constituintes fenólicos de ervas e especiarias: um estudo das propriedades antioxidantes e do efeito nos parâmetros físico-químicos de estabilidade do óleo de girassol (*Helianthus annuus* L.). 2020.

CAVALCANTI, Synara Lucien de Lima. Desenvolvimento e caracterização de biolubrificante a partir do óleo de carnaúba aditivado com micropartículas e nanopartículas de grafite. 2018.

CAVALCANTI, Synara Lucien de Lima. Caracterização do óleo de carnaúba para uso como biolubrificante. 2014. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFRN. Natal-RN.

CONAB, CN de A. Acompanhamento da safra brasileira: grãos. V, v. 6, p. 125, 2016.

CONCEIÇÃO, M. M. *et al.* Avaliação do tempo de indução oxidativa do biodiesel etílico de mamona. Revista de Análise Térmica e Calorimetria, v. 97, n. 2, p. 643- 646, 2009.

COSTA, Mariana Bedêgo Santos. Decisões verde em tempos de crise: um estudo sobre os rótulos ecológicos europeus, seu papel nas compras públicas e sua influência no comportamento do consumidor. 2021. Tese de Doutorado.

COUTO, SCP; DE OLIVEIRA, A. M. AVALIAÇÃO DO USO DO ÓLEO DE MACAÚBA COMO BASE PARA LUBRIFICANTE. Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n. 2, p. 8026-8033, 2015.

D'ARCE, M. A. B. R. O processamento industrial do óleo vegetal e do farelo. Revista Visão Agrícola, v.5, p. 140-141, 2006.

DA COSTA FREIRE, Cintia Cristina *et al.* PRODUÇÃO DE BIOLUBRIFICANTE POR HIDROESTERIFICAÇÃO ENZIMÁTICA DO ÓLEO DE Moringa oleifera LAM. Semana de Pesquisa e Extensão da Universidade Tiradentes-SEMPESq-SEMEX, n. 21, 2019.

DOS SANTOS BARBOSA, Milson *et al.* Contribuição dos insumos no custo total do bioprocessamento para produção de biolubrificante em escala de laboratório. Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares, v. 2, p. 1-10, 2021.

FARIAS, Higor Henrique *et al.* EPOXIDAÇÃO METÉLICA DO ÓLEO DE MAMONA PARA SÍNTESE DE BIOLUBRIFICANTE. Educação, Ciência e Saúde, v. 8, n. 2, 2021.

FARIAS, M. Síntese, caracterização de catalisadores e estudo de suas atividades catalíticas na epoxidação de óleos vegetais. Dissertação de Mestrado, 2010.

FILHO, R. C.; JUNIOR, D. M.; MORAES, M. S.; SANTOS, A. R. Propriedades Físicas de Óleos Lubrificantes Minerais e Vegetais e Avaliação de Desgastes por Four Ball. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 154- 163, 2016

FREIRE, Denise Maria Guimarães. SILVA, José André Cavalcanti da. Biotecnologia aplicada à agroindústria: fundamentos e aplicações - volume 4 [livro eletrônico] / organizado por Rodrigo Ribeiro Resende; colaboração de Carlos Ricardo Soccol e Luiz Renato de França. – São Paulo: Blucher, 2016. 1069 p.: il.

GERIS, R. *et al.* Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. Química Nova, v. 30, n. 5, p. 1369-1373, 2007.

GIACOMINI, Maria Carolina Arnold. Estudo de monitoramento da biota em colunas de Winogradsky contaminadas com óleo diesel puro. 2022.

GOUD, V. V.; PRADHAN, N. C.; PATWARDHAN, A. V. Epoxidação do óleo de karanja (Pongamiaglabra) por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Journal of American Oil Chemist's Society, v. 83, n.7, 2006.

HENKES, Jairo Afonso; LEBID, Taras. Óleo de dendê na produção de biodiesel: um estudo de caso das vantagens e desvantagens econômica, ecológica e social da cultura desta oleaginosa para a produção de biodiesel. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 392-415, 2015.

KURNIAWAN, Yehezkiel Steven *et al.* New Lubricant from Used Cooking Oil: cyclic ketal of ethyl 9,10-dihydroxyoctadecanoate.: Cyclic Ketal of Ethyl 9,10-Dihydroxyoctadecanoate. Materials Science Forum, [s.l.], v. 901, p. 135-141, jul. 2017.

LIMA, L. V. C.; OLIVEIRA, P. R.; GUERRERO, P. G.; SANTOS, E. H.; VIESSER, R. V.; COSTA NETO, P. R. Síntese de ácido peracético para produção de potenciais biolubrificantes. Anais do XVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, Ponta Grossa, 2011.

MACEDO, Andrew Diego Medeiros; DA CONCEIÇÃO, Marta Maria; SANTOS, José Carlos Oliveira. Obtenção de biolubrificante por epoxidação etílica de óleo de soja residual. In: Anais do IV Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Campina Grande. 2021.

MACIEL, Fernando *et al.* Renda do Petróleo: Uma revisão sistemática da literatura. Research, Society and Development, v. 10, n. 9, p. e38110918320-e38110918320, 2021.

MARTINS, Giselle Marianna Sousa. Análise do óleo da macaúba como potencial óleo básico de um biolubrificante. 2021.

MATOS, Paulo Roberto Rodrigues de. O óleo de macaúba como matéria-prima básica de um biolubrificante: um estudo teórico-experimental. 2018.

MEIER, T. W.; CRIPA, F. B.; FEROLDI, M.; CREMONEZ, P.; SCHNEIDER, L.; BONASSA, G.; TELEKEN, J. G. Avaliação da produção de ésteres metílicos e glicerol a partir das misturas de óleo residual, de soja e de canola. Revista Tecnológica, p. 73-81, 17 maio 2015.

MEIRA, Ana Sofia Neves da Silva. Os lubrificantes biodegradáveis e não biodegradáveis-o estado atual de desenvolvimento e estudo comparativo entre os dois tipos de lubrificantes. 2021. Tese de Doutorado.

MOREIRA, Denise Ramos. Síntese de ésteres lubrificantes a partir de óleos de moringa (Moringa oleifera Lam.) e da tilápia do nilo (Oreochromis niloticus) e polióis sem o hidrogênio  $\beta$ . 2021.

MOREIRA, F. B. D. F. *et al.* In situ Transesterification of Babassu for Production of Biodiesel as Sustainable Energy Option for Aratuba Community in State of Ceará, Brazil. Orbital: The Electronic Journal of Chemistry, v. 10, n. 2, p. 105-112, 2010.

NUNES, M. R. D. S. *et al.* Epoxidação do óleo de mamona e derivados empregando o sistema catalítico V/TBHP. Química nova, v. 31, n. 4, p. 818-821, 2008

OLIVEIRA, Iuri Laurindo de *et al.* Obtenção de biocombustíveis por transesterificação etílica e metílica do óleo residual oriundo de restaurante universitário. 2021.

PEREIRA, André dos Santos Alonso. Geopolítica do petróleo brasileira a estratégia de internacionalização da Petrobras na América do Sul (2007-2017). 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEREIRA, Antônio Marcos Silva *et al.* Estudo comparativo das propriedades físico-químicas de biolubrificantes obtidos do óleo de soja refinado e residual. 2022.

QUEIROZ, Amanda Lourençato. Avaliação da ecotoxicidade de solos contaminados por hidrocarbonetos tratados com surfactante e lodo de esgoto. 2021.

RABONATO, Luana Cristina. Otimização tecnológica do processamento de grãos de girassol alto oleico para a obtenção de óleo e biodiesel. 2017. Tese de Doutorado.

RAMOS, Ana Teresa Pereira. A investigação e a inovação na fabricação de equipamentos de frio industrial em Portugal. 2016. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

REIS CLB; DE SOUSA EYA; DE FRANÇA SJ *et al* (2019) Design of immobilized enzyme biocatalysts: Drawbacks and opportunities. *Quim Nova* 42:768–783.

RIOS, Ítalo Castro. Síntese e caracterização de novas moléculas derivadas da mistura de ácidos graxos do óleo da mamona (*Ricinus Communis* L.) para aplicação em biolubrificantes. 2021.

SALIMON, J. *et al.* Biolubricants: Raw materials, chemical modifications and environmental benefits. *European journal of lipid science and technology*, v. 112, n. 5, p. 519-530, 2010.

SALSAMENDI, S. (2020). Comparação da resposta tribológica de duas configurações do par anel de óleo e camisa de cilindro de motores diesel (Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

SANTOS, E. H. Síntese e caracterização de biolubrificantes a partir do óleo de soja refinado. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

SANTOS, G. H. D. S. (2021). Elaboração de um plano de lubrificação em uma indústria madeireira localizada nos Campos Gerais do Paraná (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

SANTOS, Sidney. A IMPORTÂNCIA DOS LUBRIFICANTES INDUSTRIAIS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA (2021). Disponível em: <https://www.aquecimentoindustrial.com.br/a-importancia-dos-lubrificantes-industriais-para-a-geracao-de-energia-eolica/>. Acesso em 05/05/2022.

SCHMATZ, Alison Andrei *et al.* Obtenção e caracterização físico-química do óleo de canola (*brassica napus*) em função da variabilidade no cultivo da planta. 2015.

SCHWERZ, Felipe *et al.* Avaliação do efeito de doses e fontes de nitrogênio sobre variáveis morfológicas, interceptação de radiação e produtividade do girassol. *Revista Ceres*, v. 63, p. 380-386, 2016.

SCHWERZ, Felipe *et al.* Avaliação do efeito de doses e fontes de nitrogênio sobre variáveis morfológicas, interceptação de radiação e produtividade do girassol. *Revista Ceres*, v. 63, p. 380-386, 2016.

SERRA, Adriano do Amor Divino Guilhon. Estudo experimental da viabilidade tribológica da utilização de biolubrificantes. 2018.

SHARMA, U. C., SACHAN, S., & TRIVEDI, R. K. (2018). Comportamento do fluxo viscoso do óleo base biolubrificante à base de óleo de karanja. *Journal of Oleo Science*, 67(1), 105-111.

SILVA, Erickson Fabiano Moura Sousa *et al.* Análise de viabilidade da utilização do óleo de dendê na lubrificação automotiva através do ensaio pin-on-disk. *ForScience*, v. 7, n. 2, 2019.

SILVA, J. A. C.; FREIRE, D. M. G. Produção de biolubrificantes catalisada por lipases: fundamentos e aplicações. In: SOCCOL C. R. (Ed.) *Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria*. São Paulo: Edgard BlücherLtda, 2016. v. 4. p. 471-502.

SILVA, José Alberto Batista da. Produção de biodiesel e biolubrificantes: avaliação de novos catalisadores e antioxidantes naturais. 2019.

SILVA, Maria Susana. Desenvolvimento de novos biolubrificantes hidráulicos derivados dos óleos de maracujá e de moringa in natura e epoxidados. 2015.

SOUSA, Daniella Mariz de *et al.* Avaliação de extratos naturais na estabilidade termo-oxidativa do biodiesel e antimicrobiana na fermentação alcoólica. 2019.

SOUZA, Laura de Andrade. Síntese de derivados oleicos e ricinoleicos e sua aplicação como plastificante para pvc e biolubrificantes. 2021.

TRAJANO, M. F.; FRANCESCHINI, D. F.; SILVA, E. F.; CORREA, M. A.; Bohn, F.; ALVES, SALETE MARTINS. Aprimoramento da dispersão de nanopartículas de Cu em nanolubrificantes por deposição de magnetron sputtering e sua influência no comportamento tribológico. <https://doi.org/10.1115/1.4049790>, v. 144, p. 1-17, 2021.

TRAJANO, Marinalva Ferreira. Síntese de nanopartículas por sputtering em biolubrificantes para aplicações em turbinas eólicas. 2017.

TRAJANO, Marinalva Ferreira. Estudo tribológico de biolubrificantes com adição de nanopartículas de óxidos (zinco e cobre). 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.



## Proposta de desenvolvimento de um sensor de baixo custo para controle de cargas usando fibra óptica

### *Proposal for the development of a low-cost sensor for load control using fiber optics*

Osiel Silvestre Luiz  
Flavio Barcelos Braz da Silva  
Adilson Ribeiro Prado

#### RESUMO

Diante do aumento da atividade industrial, cresce também a busca por implementações tecnológicas, que permitam uma maior otimização de recursos, bem como e a alocação correta deles, minimizando com isso os desperdícios. A falta de espaço físico horizontal leva ao aproveitamento dos galpões de armazenamento no sentido vertical. No entanto o fator peso, limita a altura máxima de empilhamento. Este estudo pretende apontar uma solução tecnológica para este problema, através do desenvolvimento de um sensor destinado ao controle de excesso de carga construído com fibra óptica, uma solução de baixo custo e grande possibilidade de implementação, permitindo aos gestores de galpões de armazenamento uma rápida realização de diagnósticos dos problemas relacionados a atividade logística, autoconfiguração dos espaços físicos disponíveis, e uma melhor otimização das áreas dos galpões. Com o uso deste sensor será possível otimizar os espaços físicos de armazéns, permitindo um maior empilhamento de cargas no sentido vertical e reduzindo com isto o custo logístico. Pretende-se mostrar, que é possível obter excelentes resultados mediante a implementação deste sensor, na base das plataformas de empilhamentos. O protótipo será construído no laboratório de instrumentação do Instituto Federal do Espírito Santo.

**Palavras-chave:** fibra óptica. logística. empilhamento. ângulo de incidência. dispersão da luz. comprimentos de onda.



## ABSTRACT

Faced with the increase in industrial activity, the search for technological implementations is also growing, which allow a greater optimization of resources, as well as their correct allocation, thus minimizing waste. The lack of horizontal physical space leads to the use of storage sheds vertically. However, the weight factor limits the maximum stacking height. This study intends to point out a technological solution to this problem, through the development of a sensor designed to control excess load built with fiber optics, a low-cost solution and great possibility of implementation, allowing managers of storage sheds, a quick diagnosis of problems related to logistical activity, self-configuration of available physical spaces, and better optimization of warehouse areas. With the use of this sensor, it will be possible to optimize the physical spaces of warehouses, allowing a greater stacking of loads in the vertical direction and thus reducing the logistical cost. It is intended to show that it is possible to obtain excellent results by implementing this sensor at the base of stacking platforms. The prototype will be built in the instrumentation laboratory of the Federal Institute of Espírito Santo.

**Keywords:** optical fiber. logistica. stacking. angle of incidence. light dispersion. wavelengths

## INTRODUÇÃO

A utilização de sensores de pesagem de cargas desempenha um papel crucial em várias aplicações da Engenharia de Controle e Automação. O avanço na tecnologia de sensores tem impulsionado o desenvolvimento de soluções mais precisas, confiáveis e de baixo custo. Uma abordagem promissora é a utilização de sensores construídos com fibra óptica, que apresentam vantagens significativas em relação aos métodos tradicionais. Numa abordagem mais contemporânea sobre os equipamentos de medição e controle, percebe-se uma constante evolução tecnológica nas últimas décadas, visto que cresce significativamente a busca por maior confiabilidade em instrumentação para medição e controle.

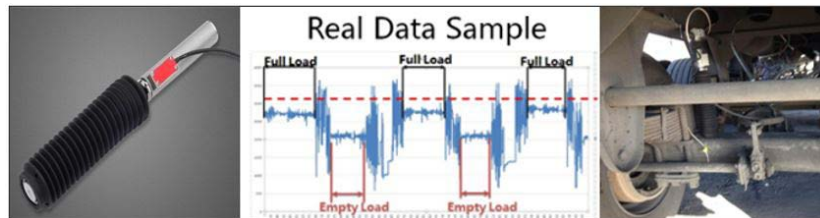
Neste contexto, os sensores têm se tornado protagonista no universo industrial, pois desempenham um papel fundamental nas cadeias de produção, permitindo a captação e envio de dados em tempo real com maior precisão, além disso permitem o monitoramento e ajustes nos processos com mais agilidade e com menor interferência humana. No entanto a implementação deste tipo de equipamento, pode variar muito de acordo com o tipo de atividade, exigindo dos projetistas e operadores, conhecimentos técnicos específicos, para uma escolha adequada de acordo com cada aplicação, evitando com isto, comprometer os resultados e altos custos na implementação.

Em paralelo a isto a fibra óptica têm atraído cada vez mais a atenção dos pesquisadores, visto que a transmissão de dados por meio deste condutor é ultrarrápida, além disso a conexão por fibra não é sensível às interferências eletromagnéticas, causadas por dispositivos elétricos. Outro diferencial da fibra óptica é a diminuição de problemas relacionados a latência, que causa atrasos significativos na transmissão de dados. Diante do exposto, pretende-se neste artigo apresentar uma técnica de aplicação da fibra óptica no sensoriamento de plataformas de empilhamentos, onde serão abordadas suas características fundamentais, quanto a aplicabilidade na atividade logística, tendo em vista

que um conhecimento mais profundo desta ferramenta, pode contribuir significativamente, para o desenvolvimento do equipamento pretendido e orientar na tomada de decisões quanto à viabilidade de aplicação em sistemas de instrumentação e controle.

O sensor de controle de excesso de carga atualmente é utilizado em vários ramos da indústria onde há necessidade deste tipo de monitoramento, uma destas aplicações ocorre em feixes de molas para controle de sobrepeso em caminhões de transporte de cargas, conforme mostrado na Figura 1. Dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, apontam que o excesso de peso é um dos principais fatores para a rápida deterioração da malha rodoviária, um diagnóstico do DNIT apontou que 77% dos caminhões trafegam acima do peso permitido, por este motivo há um interesse do órgão em substituir gradualmente, as balanças por sensores eletrônicos nas rodovias, nestes casos a fibra óptica mostra-se viável na solução deste problema, devido seu baixo custo de implementação e detecção rápida (GZH, 2013).

**Figura 1 - Sensor LVDT para chassis de caminhão.**



**Fonte: Adaptado de (PANTOJA, 2017).**

A maioria dos sistemas de pesagem em movimento atuais, são baseados em células de carga, conhecidas como *bending plates* que refere-se à deflexão de uma placa perpendicular ao plano da placa sob a ação de forças e momentos externos, utilizadas para atuação apenas em alguns pontos específicos das estradas, cujas pesagem são realizadas em duas fases: na primeira, é utilizado um sistema seletivo para separar veículos que podem estar com sobrepeso e na segunda fase, os veículos selecionados são pesados a baixa velocidade em plataformas de células de carga ou com *bending plates*. Algumas empresas utilizam um monitoramento de peso em tempo real, chamado de LVDT (*Linear Variable Differential Transforme*), onde um transdutor mede o deslocamento linear, neste caso uma ponta do sensor é fixado ao chassi do caminhão e outra ponta junto ao feixe de molas, onde será calibrado evitando assim a sobrecarga, além disso o equipamento pode ser integrado a sistemas de telemetria para um melhor controle e gestão da frota em tempo real (PANTOJA, 2017).

A tecnologia de células de carga, utilizada em plataformas de controle de sobrecargas, conforme mostrado na Figura 2, são constituídas de placas metálicas com objetivo de efetuar a medição da deflexão. Essas placas metálicas contam com sensores na parte inferior de uma cava especial (berço) no pavimento rodoviário construído para instalar o equipamento que possui duas plataformas de pesagem em linha operando de forma independente. Sensores ópticos ou barreiras físicas são instaladas fora das balanças de forma a garantir que não seja pesado nada que está fora das placas destinadas à pesagem. Os eixos dos caminhões passam sobre as placas posicionadas transversalmente ao fluxo de veículos e o sistema mede a tensão sobre sensor a superfície da placa, calculando o peso necessário para produzir aquele nível de tensão elétrica obtida (GASPARETO, 2017).

**Figura 2 - Sistema de pesagem com células de carga.**

Fonte: (GASPARETO, 2017)

As células de carga, são dispositivos essenciais responsáveis por medir a força peso exercida pela carga, elas convertem uma deformação mecânica em sinal elétrico. O peso da carga tensiona o corpo da célula provocando uma deformação que é convertido em um sinal elétrico e, por fim, em uma saída de tensão proporcional à massa aplicada. As células de carga baseadas em fibras ópticas utilizam princípios como a deformação de elementos elásticos, a mudança na refratividade do material ou a interferência de feixes ópticos para converter a força mecânica em um sinal óptico mensurável. Elas podem ser utilizadas em vários setores pois medem com precisão o peso de tanques, recipientes, tremonhas ou esteiras transportadoras. As células de carga foram criadas para atender às demandas de uma série de aplicações industriais robustas. A capacidade das células de carga pode variar muito. Algumas destas células são mais adequadas para aplicações laboratoriais, enquanto outras são mais apropriadas para lotes ou aplicações logísticas de alta capacidade (METTLER TOLEDO, 2022).

O sensor de controle de carga desenvolvido com fibra óptica é semelhante ao de célula de carga conforme mostrado na Figura 3, porém ao invés de relacionar a deformação com o peso, ele relaciona as variações dos ângulos de incidência e reflexão da luz com o seu comprimento de onda. Ao ser inserido na base das plataformas de armazenamento, o sensor é interligado a um sistema de sinalização que orienta profissionais envolvidos na atividade de movimentação da carga. Quanto aos problemas específicos relacionados a atividade logística, autoconfiguração dos espaços físicos, e um melhor aproveitamento da área dos galpões.

**Figura 3 - Similaridade com o Sensor de célula de carga.**

Fonte: Adaptado de (ABP, 2022).

O desenvolvimento do sensor de fibra óptica se baseia no uso da técnica de espectrofotometria, que permite medir e comparar a quantidade de luz (radiação eletromagnética) transmitida e refletida durante um processo. Uma das principais vantagens das fibras ópticas em relação aos demais tipos de cabos de envio de sinal é a sua imunidade a interferências eletromagnéticas, o que evita que dados importantes sejam corrompidos durante o processo de transmissão. O seu princípio de funcionamento é baseado na reflexão total da luz, que deve sair de um meio mais refringente para um meio menos refringente, desta forma um gráfico de espectro relaciona a intensidade da luz com o seu comprimento de onda, sendo possível correlacionar cada o peso mostrado no visor da balança, com o seu respectivo gráfico de espectro. Por meio das fibras ópticas, é possível construir vários tipos de sensores capazes de detectar variações sensíveis de temperatura, pequenas deformações em sólidos, frequências e polarização da luz entre outras (KREBS, 2019).

## REFERENCIAL TEÓRICO

Podem ser encontradas na literatura a descrição de dispositivos baseados em fibra ótica, mostraram que é possível construir uma grande variedade de sensores capazes de captar e transmitir diversas variáveis de processos, variações sensíveis de temperatura, pequenas deformações em sólidos, frequências de luz, polarização da luz, medição de peso, entre outras.

Santos (1999) propõe um sensor de fibra óptica embutido para medição de deformação lenta à tração em argamassa. O sistema de medição de deformação era baseado num sensor de fibra óptica interferométrico, embutido em corpos de prova de argamassa, idealizado para medir deformação lenta à tração. Para avaliar metrologicamente o sensor, foram realizados ensaios de linearidade (deformação elástica), estabilidade (com os corpos de prova ao ar e submersos) e deformação lenta (fluência). Os resultados experimentais demonstraram elevada sensibilidade do sistema de medição aos pequenos níveis de deformação apresentados pelo material, estabilidade ao longo do tempo e perante condições.

De acordo com Shenfang (2005) dentre as várias técnicas de pesagem de veículos em movimento se incluem cabos piezoelétricos, tapetes capacitivos, células de carga hidráulicas, porém os custos são elevados e não funcionam adequadamente em velocidades muito reduzidas. Para oferecer a precisão necessária com custos reduzidos de instalação e manutenção, os sensores WIM baseados em fibra ótica melhoram, complementam ou até mesmo substituem os atualmente em uso. Eles funcionam com base no efeito do acoplamento de polarização entre dois automodos polarizados ortogonalmente da fibra, e são baseados no interferômetro de Michelson, que possui estrutura simples, é econômico e pode potencialmente oferecer a alta precisão necessária para muitas aplicações.

De acordo com Sakamoto (2006), a fibra óptica apresenta excelentes resultados, quando empregada em sensores reflexivos para medição de deslocamento e vibração. O sistema é constituído por duas fibras ópticas adjacentes posicionadas na frente de uma superfície reflexiva vibratória, sendo que uma destas fibras transporta a luz proveniente de uma fonte localizada remotamente para um objeto alvo refletor, enquanto a outra capta

e transmite para um fotodetector a luz refletida pelo objeto. Neste sensor pode-se usar configurações com apenas um par de fibras ou um feixe.

Em 2007 o Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes descreveu a utilização de uma técnica baseada em “*microbend*” óticos, esse fenômeno ocorre quando uma fibra ótica é deformada, a luz irá fugir da área do núcleo para a camada superficial. Fazendo um acoplamento dessa luz para a camada externa “*cladding*”, isso fará com que a intensidade da luz no feixe principal diminua. A quantidade de luz perdida é então proporcional ao raio de curvatura do *microbend* que é proporcional ao peso aplicado. Com isso, pode-se ter uma estimativa do peso aplicado, seja ele dinâmico ou estático, isso ocorre porque quando aplicamos uma carga sobre o sensor, o peso desta carga altera a trajetória da luz, fazendo com que as componentes em cada uma das polarizações ortogonais da fibra ótica tenham suas velocidades alteradas, levando a uma composição na saída diferente da luz original. Essa diferença é codificada e relacionada ao peso da carga aplicado. (DNIT, 2007).

Em 2015 Pinto (2015) descreveu a utilização deste tipo de sensor para uso em inclinômetro instrumentado para monitoramento de encostas, permitindo à observação dos movimentos do solo para aplicação, em campo, em sistemas de alerta, pois são dispositivos de medição extremamente sensíveis a pequenas deformações, e não sofrem interferência eletromagnéticas, além disso podem ter seus sinais processados em longas distâncias dos pontos monitorados, reduzindo a frequência de medições. Ensaio conduzidos em laboratório com um tubo inclinométrico instrumentado com extensômetros óticos foram realizados e os resultados confirmaram que as deformações medidas nos extensômetros de fibra ótica instalados no tubo inclinométrico apresentaram excelente correlação com as deflexões angulares obtidas através da inclinometria convencional, mostrando que a extensometria ótica é uma alternativa viável para a medição contínua de deslocamentos.

De acordo com a Associação Brasileira de Logística (ABRALOG, 2022) o mercado nacional de galpões e condomínios logísticos aumentou cerca de 60% somente no segundo trimestre 2022, em relação ao mesmo período de 2021. O Espírito Santo conta atualmente com cerca de 1.000.000m<sup>2</sup> construídos de galpões logísticos. No entanto este número ainda é pequeno se comparado a demanda. A falta de espaço para o armazenamento correto é um dos principais problemas enfrentados neste setor, quem vem buscando meios mais eficientes de expansão da área de armazenamento,

O Relatório Setorial Galpões Logísticos 2022 conforme mostrado na Figura 4 do Banco Itaú referente ao IFEX (Índice de Fundos de Investimentos Imobiliários), o segmento de galpões logísticos representa cerca de 22% do índice, sendo o segundo setor mais representativo, apesar do aumento da volatilidade nos segmentos do IFEX ao longo de 2020 devido à pandemia, os fundos imobiliários seguem com uma boa relação risco e retorno no longo prazo (NAPPO E POTENZA, 2022).

**Figura 4 - Relatório Setorial Galpões Logísticos em 2022.**

Fonte: (NAPPO E POTENZA, 2022).

De acordo com (ADEMI-ES, 2022) Os estoques atualmente, disponíveis no Espírito Santo estão no limite, sendo a disponibilidade apenas de 2% e uma das soluções mais usadas para maximizar o espaço é o aproveitamento do espaço no sentido vertical, este método consiste em efetuar um empilhamento estável das cargas em alturas razoáveis, sempre evitando o esmagamento dos produtos das camadas inferiores. Em empilhamentos verticais, há sensores que controlam a altura máxima de armazenamento de um determinando pallet, uma barreira de luz de reflexão verifica se a altura da carga ultrapassa a altura máxima permitida para o local de armazenamento previsto. O sensor se caracteriza por uma alta resistência a vibrações e insensibilidade contra sujeira. No entanto embora seja eficiente no controle de altura, uma combinação deste equipamento, com o sensor de controle de carga, desenvolvido com fibra óptica, poderia agregar maior controle em gerenciamento de estoques.

O empilhamento se justifica por ser um esquema de armazenagem mais barato e de fácil utilização. A NR-11 recomenda que o peso do material armazenado não poderá exceder a capacidade de carga calculada. Todavia essa operação poder ser otimizada através de implementações tecnológicas, visto que os erros ocasionados pela aplicação inadequada deste método, foram uma das irregularidades mais frequentemente observadas durante inspeções realizadas por equipes técnicas da vigilância de alimentos da prefeitura de São Paulo entre 2006 e 2007, de acordo com o relatório apresentada pela equipe técnica, estes erros colocam em risco a vida dos profissionais envolvidos nesta atividade e podem causar danos às embalagens levando a perdas de produtos e gerando riscos de contaminação dos alimentos (COVISA, 2007).

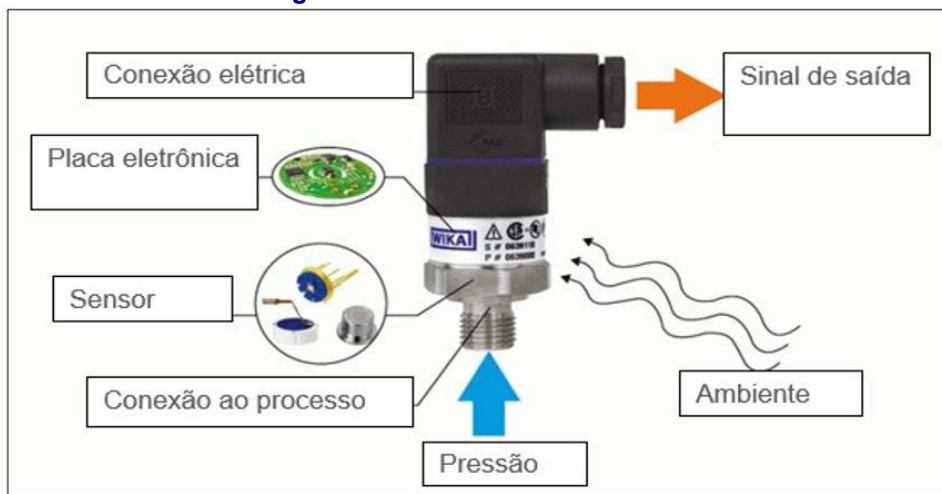
## Sensores

Os sensores são dispositivos que ao converterem em um sinal elétrico as grandezas físicas obtidas durante uma medição os sensores atuam semelhante aos receptores sensoriais humano, tradicionalmente conhecidos como: visão, audição, paladar, olfato e tato, estes receptores sensoriais, são fundamentais para compreendermos tudo o que acontece no ambiente ao nosso redor. Para captar essas informações, o organismo recebe os estímulos e os transformam em impulsos nervosos, que serão interpretados pelo sistema nervoso os quimiorreceptores captam os estímulos químicos, enquanto os fotorreceptores percebem os estímulos luminosos já os mecanorreceptores captam estímulos de movimento, pressão e som, nesta analogia os sensores ópticos, remete a visão humana, visto que são baseados na emissão e recepção de irradiação infravermelha em uma faixa de onda entre 700 nm a 750 nm (CARDOSO, 2018).

Há diversos tipos de sensores disponíveis no mercado, sendo utilizados nos mais variados ramos da indústria, esses elementos exercem um papel de fundamental importância nos processos industriais, pois são capazes de detectar uma margem de erro muito pequena de um determinado processo e enviar rapidamente um sinal para um atuador. Geralmente em sistemas de automação os sensores mais comuns são: Piezo resistivo, Piezo elétrico, Ressonante, Capacitivos e Ópticos, tendo este último uma grande vantagem em relação aos demais devido a sua vida útil e alta precisão na captação e envio dos dados obtidos durante o processo, no entanto possuem um custo um pouco mais elevado que os seus concorrentes (PATSKO, 2006).

Os sensores piezo resistivo conforme mostrado na Figura 5, também chamados de Strain Gauge (Medidor de Deformação), como o próprio nome já diz, eles atuam através de uma deformação ou contração como resultado da pressão aplicada na resistência elétrica devido a ação da pressão aplicada sobre ele, embora sejam muito utilizados em controle de processos nas indústrias, este tipo de sensores possuem uma grande instabilidade e operam em uma faixa de temperatura de operação muito limitada, sendo por isto usados apenas em sistemas de baixa pressão (MARQUES, 2020).

**Figura 5 - Sensor Piezo Resistivo.**



**Fonte: (MARQUES, 2020).**

De acordo com Taverna (2009) o princípio de funcionamento dos sensores do tipo piezo elétrico, é basicamente através do armazenamento de cargas elétricas em sua estrutura, quando são submetidos uma deformação por ação de uma determinada pressão, este efeito pode ser explicado considerando que a aplicação de uma força gera uma deformação mecânica correspondente da estrutura cristalina, modificando a posição relativa dos átomos na estrutura, no entanto devido a sua grande susceptibilidade a ruídos este tipo de sensor necessita de um circuito de alta impedância e um amplificador de alto ganho.

Esses sensores podem ser modelados como geradores de carga elétrica em função da sua deformação, a carga elétrica é associada a uma direção da deformação relacionado a uma constante que depende do tipo do material piezo elétrico utilizado, o material piezoelétrico é um cristal que produz uma tensão diferencial proporcional a pressão (aceleração ou força) a ele aplicada em suas faces, dentre os diversos tipos de cristais os mais comuns são o quartzo, sal de Rochelle, titânio de bário, turmalina, entre outros, uma



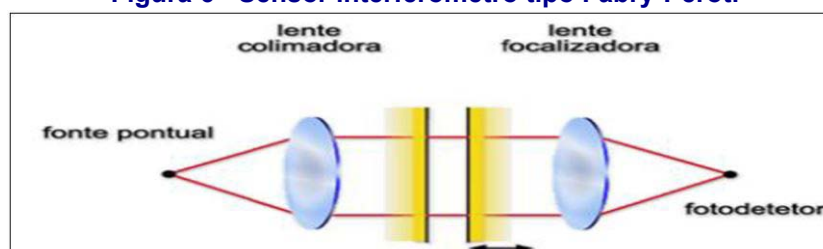
das grandes vantagens em se utilizar este tipo de sensor é a sua rápida resposta e o fato de que a relação entre a carga elétrica e a pressão aplicada ao cristal é praticamente linear, no entanto é um tipo de sensor que exige um circuito de alta impedância e um amplificador de alto ganho, devido a sua grande susceptibilidade a ruídos, além disso sua característica dinâmica, não permite a medição de pressão em estado sólido (BOJORGE, 2002).

Os sensores ressonantes possuem um fio vibratório, no formato de uma mola de fio magnético e um diafragma que quando submetido a um campo magnético ou uma corrente elétrica, começa a oscilar, sendo que a frequência de oscilação é proporcional ao quadrado da tensão expansão do fio, eles são formados por uma cápsula de silício e um diafragma que vibra quando submetido a uma pressão, cuja frequência é proporcional a pressão no qual o sensor está sendo submetido, este tipo de sensor geralmente não usa fio e sim o próprio silício para ressonar com diferentes frequências, uma diferença de pressão entre as câmaras de alta e baixa produz uma força no diafragma isolador que é transmitida pelo líquido de enchimento, uma de suas grandes vantagens é a precisão e estabilidade pois a grandeza é medida em frequência, além disso podem ser fabricados sensores de tamanhos pequenos, característica intrínseca da sílica, pela forma de encapsulamento (BOJORGE, 2002).

Os sensores do tipo capacitivos, se baseiam em transdutores onde a pressão aplicada nos diafragmas dos sensores, possibilita uma variação da capacitância em relação a um diafragma central, são projetados para operar gerando um campo eletrostático e detectando mudanças nesse campo, que acontecem quando um alvo se aproxima da face ativa, segue mesmo princípio de funcionamento de um capacitor, depende da distância entre duas placas, do material dessas duas placas e do dielétrico entre elas. Este tipo de sensor permite respostas praticamente lineares e sofre pouca interferência de temperatura, por este motivo é muito recomendado em instrumentação e controle de processos (WENDLING, 2010).

Nos sensores ópticos, os elementos de emissão e recepção são justapostos no mesmo conjunto óptico e os raios emitidos pelo transmissor refletem na superfície do objeto detectado e retornam ao elemento receptor, uma técnica utilizada na sua construção é o Interferômetro Fabry-Perot conforme mostrado na Figura 6, é um dispositivo usado para medir comprimentos de onda com alta precisão, onde dois espelhos refletores são alinhados e se obtém o contraste de franjas máximo e a distância entre os mesmos pela variação mecânica, isto só é possível pois do ponto de vista da mecânica quântica a radiação eletromagnética é formada por grupos de pequenos pacotes de energia, chamados de quanta ou fótons que é a menor quantidade de luz que pode ser emitida ou absorvida (BALBINOT E BRUSAMARELLO, 2007).

**Figura 6 - Sensor interferômetro tipo Fabry-Perot.**



Fonte: (MARTINS E FAGUNDES, 2005).

Dentre os diversos tipos de instrumentos de medição de pressão existentes no mercado destaca-se os instrumentos que efetuam medição por deformação elástica, estes instrumentos utilizam a deformação de um elemento sob pressão para mover um ponteiro, o tipo mais comum é o manômetro de Bourdon, desenvolvido por Eugène Bourdon em 1849, neste tipo de manômetro a articulação e a engrenagem transmitem a deformação do tubo de Bourdon para a engrenagem central através de um pequeno movimento giratório, a engrenagem central amplifica este movimento, movimentando o ponteiro, e a escala relaciona a posição do ponteiro com a pressão manométrica (BALBINOTE, 2019).

## Instrumentos de medição de peso

De acordo com Nobrega (2022), as primeiras balanças foram desenvolvidas a partir de um travessão posicionado sobre um eixo, contendo um prato em cada uma das suas extremidades e o peso era obtido através do equilíbrio entre dois pratos. Porém, ao longo do tempo, as balanças foram sendo aperfeiçoadas, para a pesagem de diversos objetos. Atualmente se destacam as balanças eletrônicas onde o material a ser pesado é colocado sobre uma bandeja de aço inox, que pressiona uma célula de carga, os sinais são enviados para uma unidade de processamento central, a qual envia o peso, já convertido em unidades de massa, para mostrador. As balanças industriais podem pesar de miligramas até dezenas de toneladas, porém existem balanças de precisão com escalas bem menores.

A medida de massa em uma balança mecânica é realizada por comparação entre dois objetos, a medição ocorre através de um sistema de alavancas mecânicas que mostram o ponto de equilíbrio entre os dois corpos e neste processo não existe a conversão do valor da carga aplicada em sinal eletrônico, elas podem ser analíticas utilizadas em laboratórios para pesagens mais sensíveis ou para maior capacidade de carga utilizadas nas indústrias e comércios. Nas balanças eletrônicas a leitura do valor da pesagem é feita de forma direta, com a indicação de números em um mostrador digital sem depender de escalas graduadas ou da substituição de cargas por meio da conversão de uma ação mecânica em um sinal elétrico, realizada pelo transdutor utilizado. Após a conversão, um circuito de processamento eletrônico de sinais e conversão analógico-digital recebe esse sinal e o transforma no resultado da medição, em unidades de massa, correspondente à carga aplicada (SAMPAIO, 2013).

As Célula de Carga (*Ultrafast Load Cell* ou *Impact Load Cell* em inglês) conforme mostrado na Figura 7 é um equipamento que permite a medida da curva força-deformação resultante do impacto sob condições de carregamento rápido, funcionando basicamente como um transdutor de força. Nestes equipamentos uma deformação mecânica, emite sinais elétricos que são interpretados para determinar o peso do objeto, a célula de carga capta a intensidade da compressão ou tensão, transformando a energia mecânica recebida em tensão elétrica. Dessa forma, quanto maior for a pressão recebida pela célula, maior também será o sinal elétrico. Esta tensão elétrica será transmitida para um indicador de carga, mostrando o peso exato do material na balança é uma tecnologia muito bem consolidada sendo atualmente utilizada com grandes resultados em uma grande variedade de processos, permitindo a medição de forças e deformações de uma série de grandezas de interesse, incluindo a tensão de ruptura, a rigidez, a energia específica de fratura da partícula entre outros sendo empregadas principalmente em balanças comerciais, industriais, balança de

Precisão, balança de Pessoas, balança rodoviária e de ponte Rolante (TAVARES E LIMA, 2005).

**Figura 7 - Células de Carga para aplicações industriais.**

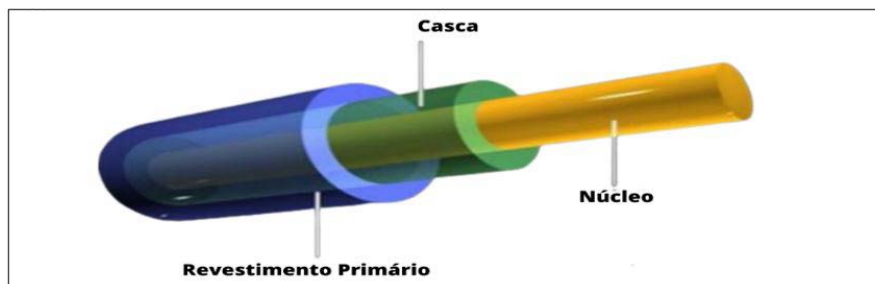


Fonte: (HBM, 2023).

## Fibras óticas

O uso da fibra ótica Figura 8, teve início em 1952 com os estudos de um físico chamado Narinder Singh Kapany. Ele se baseou em estudos de um outro físico inglês por nome John Tyndall cuja técnica abordava a capacidade da luz em traçar uma trajetória não linear no interior de um outro material. Desta forma seria possível aplicar um feixe de luz em um lado do cabo, este feixe percorreria toda a fibra saindo do outro lado com um ângulo de incidência maior ou igual ao ângulo limite. Controlando-se a emissão da luz, é possível criar códigos digitais para transmitir informações. Assim, a linguagem binária, pelo código luz/ausência de luz (ATANES, 1989).

**Figura 8 - Corte transversal de uma fibra ótica.**



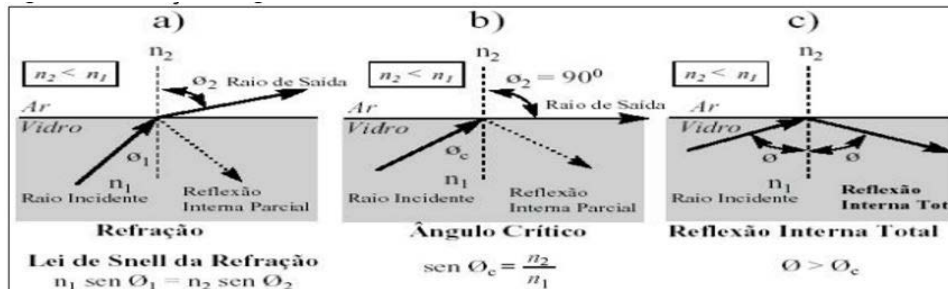
Fonte: Adaptado de (CORRÊA, 2009).

A fibra ótica tornou-se um excelente meio de transmissão guiada, em sistemas que exigem alta largura de banda. Os cabos capilares da fibra ótica usados para propagar a luz são flexíveis e transparentes, geralmente são formados por um filamento composto de um material dielétrico feito de vidro, sílica ou plástico. O núcleo é revestido por uma membrana externa com menor difração, para garantir uma total reflexão da luz. Uma das principais vantagens das fibras óticas em relação aos demais tipos de cabos é a sua imunidade a interferências eletromagnéticas, o que evita que dados importantes sejam corrompidos durante o processo de transmissão. O seu princípio de funcionamento é baseado na reflexão total da luz, que deve sair de um meio mais refringente para um meio menos refringente (NALIN E MANZANI, Fibras óticas, 2013).

O processo de transmissão de dados por meio da fibra ótica, ocorre por meio dos processos de refração e reflexão conforme mostrado na Figura 9. A refração ocorre quando

a luz, ao cruzar a fronteira entre dois meios, varia sua velocidade de propagação, o índice de refração ( $n$ ) é definido como o quociente entre a velocidade de propagação da luz no vácuo ( $c$ ) e sua velocidade de propagação em um determinado meio ( $v$ ). De acordo com a Lei de Snell-Descartes, na refração, o produto do índice de refração do meio, no qual se encontra o raio pelo seno do ângulo que esse raio forma com a reta normal à interface no ponto de incidência, é constante (BARROS E ALBUQUEQUE, 2010).

**Figura 9 - Refração, ângulo crítico e reflexão.**



Fonte: (BARROS E ALBUQUEQUE, 2010).

De acordo com Pereira (2008), a reflexão total é o fenômeno que ocorre quando a luz incidente entre dois meios diferentes é totalmente refletida através de um destes meios, sempre do que tem o maior índice de refração para o menor. Sendo totalmente refletida a luz permanece no meio de origem. Esse fenômeno só é possível se o ângulo de incidência for maior que o ângulo limite. Existem alguns fatores que restringem taxa de transmissão, como os fatores geradores de atenuação conforme mostrado na Figura 10. Elas definem o alcance máximo entre emissor e receptor. As atenuações ocorrem pela absorção do material do núcleo, defeitos estruturais, impurezas, espalhamento (transferência de potência de um dos modos guiados para si mesmo ou para outros modos), além disso, quando a luz encontra curvas alguns raios formar um ângulo inferior ao crítico e saem da fibra, causando perda de potência).

**Figura 10 - Atenuação em meios transparentes.**

	Atenuation (VIS)	Transmission length 30 dB (VIS)
Window glass	50 000 dB/km	0,6 m
Optical glass	3 000 dB/km	10 m
Fog	500 dB/km	60 m
Atmosphere in urban areas	10 dB/km	3 000 m
Optical fiber (VIS)	3 dB/km	10 000 m
Optical fiber (NIR)	< 0,3 dB/km	100 000 m

Fonte: (KITANO, 2017).

## METODOLOGIA DA PESQUISA

O sensor conforme mostrado na Figura 11, foi construído no laboratório de instrumentação do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Serra – IFES. O protótipo consiste em um cavalete de metal com uma balança digital acoplada a sua estrutura. Um tubo de metal com rosca interna é fixado na parte posterior da balança, e um parafuso é

inserido no tubo, um pino é fixado na extremidade inferior do parafuso e acoplado na base da balança. A efetuar uma leve compressão na extremidade superior do parafuso ele gera uma força peso que é automaticamente transmitida ao sensor e registrada no display da balança.

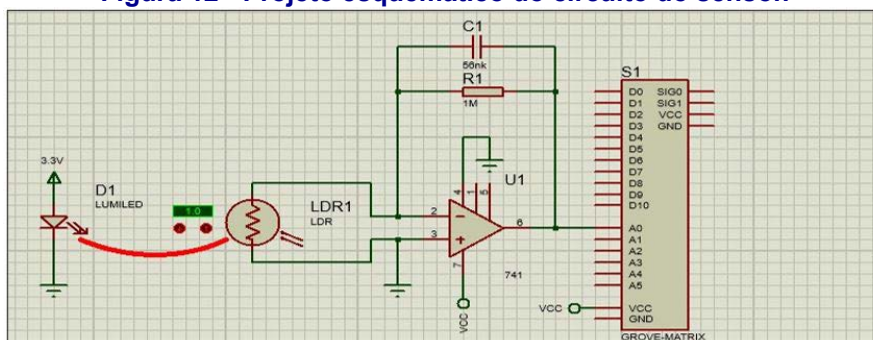
**Figura 11 - Sensor montado no laboratório.**



Fonte: Autor.

Projetou-se um circuito elétrico conforme mostrado na Figura 12 em uma plataforma programável de Arduino UNO versão R3, que permitiu a interação eletrônica e transmissão dos dados para o computador.

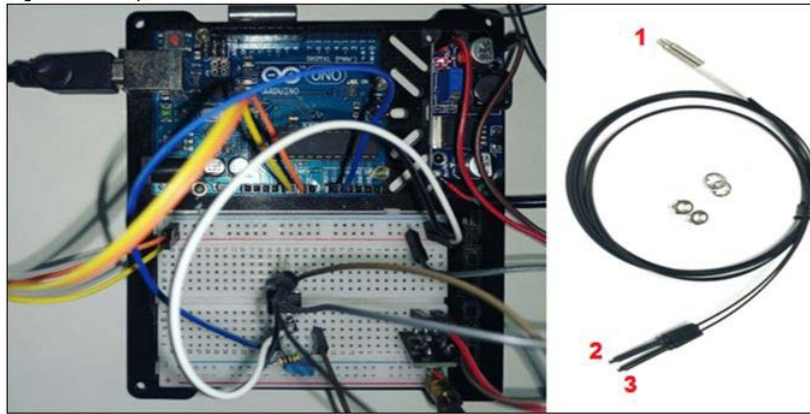
**Figura 12 - Projeto esquemático do circuito do sensor.**



Fonte: Autor.

Para transmitir o sinal da variável, utilizou-se um pedaço de fibra óptica, enrolada de forma circular e envolvida por um silicone industrial transparente, conforme mostrado na Figura 13. Um fotodiodo emitia um feixe de luz em uma das extremidades da fibra e quando esta luz ao percorria o seu interior, a pressão da força peso sobre a fibra, desviava a luz de sua trajetória, causando uma diferença entre o ângulo de incidência e reflexão da luz.

O sinal da variação gerava um gráfico que relacionava o peso mostrado na balança com a intensidade da luz e o seu comprimento de onda. Para monitorar o sinal, utilizou-se no desenvolvimento do sensor um pedaço de cabo de Fibra Óptica Difusa M4. A extremidades 1 da fibra óptica foi acoplada corpo de prova na base da balança, a extremidades 2 recebeu a luz proveniente de um LED, e a extremidades 3 era acoplada ao sensor.

**Figura 13 - Esquemático do sensor no Arduino.**

Fonte: Autor.

Na confecção do sensor, foi utilizado um silicone industrial cuja caracterização foi efetuada com o uso de um espectrofotômetro da marca Ocean Optics USB2000+ UV-Vis, no laboratório de instrumentação do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Serra – IFES. Os corpos de prova conforme mostrado na Tabela 1, foram confeccionados utilizando-se cinco buchas de redução de 1/2" X 1/4" de diâmetro, da marca Usicom com rosca do tipo, BSP fabricada em latão, resistentes a ambientes com temperaturas mínimas e máximas variando entre -20°C e 100°C, e pressões mínimas e máximas de 0 a 10kgf/cm<sup>2</sup>, seus interiores foram preenchidos com resina polimérica de silicone industrial de composições químicas e cores, variadas do tipo SILICONE ACÉTICO ADESIVO selante tixotrópico monocomponente, baixo módulo, antifungo.

**Tabela 1 - Corpos de prova com silicone industrial.**


SILICONE ACÉTICO ADESIVO - TEK BOND				
Cor	Densidade (g/mL) a 25 °C	Temperatura de trabalho	Alongamento à ruptura	Dureza Shore A
VERMELHO	0,93 a 1,15	-54 a 316°C	≥ 200%	18
PRETO	0,93 a 1,15	-54 a 232°C	≥ 100%	18
CINZA	0,93 a 1,15	-54 a 232°C	≥ 100%	18
BRANCO	0,93 a 1,05	-54 a 150°C	≥ 200%	20
INCOLOR	0,93 a 1,05	-50 a 150°C	≥ 800%	25

Fonte: Autor.

Os testes iniciais tinham como objetivo, medir a pressão exercida pelo ar comprimido sobre as paredes internas de um cilindro de gás GLP (Gás liquefeito de Petróleo) conforme mostrado na Figura 14, fabricado com aço inoxidável austeníticos 304, após passar por um processo de limpeza o cilindro foi lixado e pintado na cor preta. O manifold (aparelhos que servem para medir a pressão de gás) foi utilizado para monitorar a pressão interna do cilindro, acoplado na saída superior, através de uma cruzeta de 1/2" BSP fabricada em aço galvanizado classe 300, da marca Tupy, três válvulas retas de bloqueio tipo esfera, e um manômetro de Bourdon.

No entanto durante os testes percebeu-se que devido a pequeno volume do recipiente, ele tornava-se inviável para realização dos testes em laboratório, devido a

necessidade de várias recargas. A partir deste problema desenvolveu-se um novo protótipo construindo-se um cavalete com uma balança digital acoplada e um parafuso na sua base. Ao ser pressionar o parafuso para baixo a ele exercia uma força peso sobre o corpo de prova, este sinal era captado pelo sensor, e enviado ao computador gerando um gráfico que relacionava a intensidade da pressão exercida com o seu respectivo comprimento de onda.

**Figura 14 - Cilindro de gás GLP.**

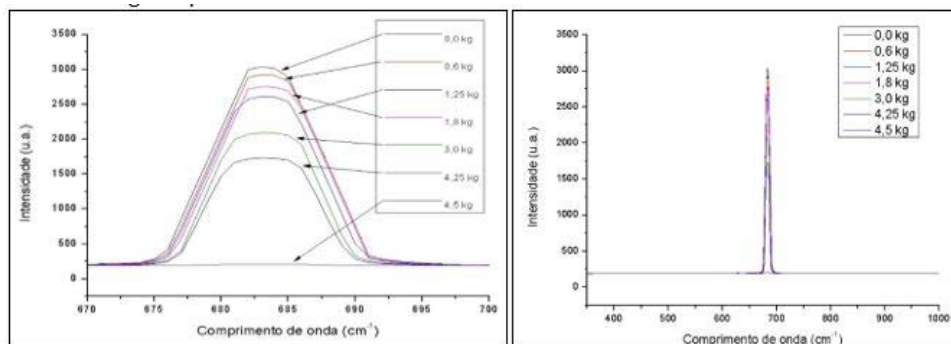


Fonte: Autor.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

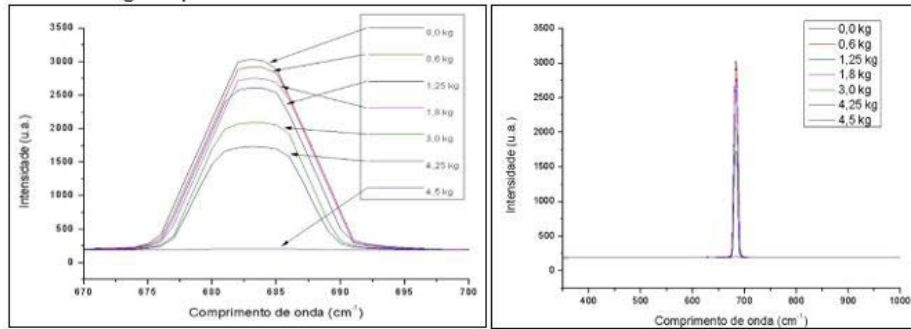
Após os testes em laboratório, com a finalidade de coletar dados práticos, sobre viabilidade técnica e econômica referente ao uso do equipamento, foi apresentado um relatório final com base nas referências bibliográficas e resultados coletados.

**Gráfico 1 - Dados obtidos com durante os testes do sensor e picos de ondas de acordo com as cargas aplicadas.**



Fonte: (Autor)

Os resultados foram comparados com as previsões teóricas de forma a comprovar a eficácia do equipamento, se os objetivos foram de fato alcançados e se é possível obter a redução dos custos operacionais e otimização do processo logístico.

**Gráfico 2 - Dispersão das medidas captadas pelo sistema e dados obtidos durante a redução de pressão.**

Fonte: Autor

Os resultados, sugerem que o sensor apresenta resultados de transmissão semelhantes aos obtidos no espectrofotômetro. Observou-se também que as características dos polímeros, não influenciam nos resultados dos testes, uma vez que os resultados foram praticamente idênticos em todos os polímeros utilizados, porém não se pode afirmar que os resultados sejam semelhantes para outros polímeros que não foram contemplados na amostra, visto que a dureza de outros polímeros poderá resistir a compressão ou a sua elasticidade causar variação na descompressão. O sensor apresentou resultados mais consistentes quando a carga foi proveniente da força peso sobre o sensor, o que não ocorreu ao utilizar a pressão do ar comprimido, visto que o volume interno do compressor possui uma capacidade bem reduzida, e insuficiente para as pressões utilizadas no processo, gerando constantes necessidades de rearmes do compressor durante a recarga do cilindro, estas interrupções temporárias afetaram diretamente a variação da pressão exercida sobre o sensor.

Outro fato observado durante os testes, estão diretamente relacionados com a inserção e remoção das cargas aplicadas, visto que os resultados obtidos na compressão foram diferentes dos obtidos na descompressão, porém o estudo com os recursos disponíveis, limitou-se na observação dos resultados, visto que a aplicação e remoção da força peso no sensor ocorreu de forma mecânica. Levantou-se, portanto, a hipótese de que possivelmente estas discrepâncias sejam dirimidas com o uso de alguma tecnologia de inserção e remoção automática de carga. Os sensores de pesagem de cargas baseados em fibra óptica apresentaram benefícios consideráveis, como alta precisão, imunidade a interferências eletromagnéticas, além disso seu baixo custo facilita a integração com outros sistemas de controle e automação. No entanto, ainda há desafios a serem superados, como a calibração do equipamento para outras aplicações e a redução de custos para torná-lo mais acessível comercialmente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo, examinou a eficácia do uso da fibra óptica no desenvolvimento de um sensor de baixo custo para controle de excesso de cargas em plataformas de armazenamentos de galpões logísticos. Comparou-se, portanto, o uso desta tecnologia com as outras semelhantes existentes no mercado e depois de examinar os resultados obtidos, esta análise concluiu que o uso da fibra óptica em sensores de controle de carga



apresentou resultados melhores, devido a sua praticidade, baixo custo, rápida detecção e envio de dados devido a sua baixa sensibilidade às interferências eletromagnéticas. É possível que os resultados mudem se utilizados para diferentes aplicações que não foram alvo deste estudo, ou se utilizarem materiais diferentes.

Futuros pesquisadores devem considerar investigar o impacto nos resultados com a substituição do tipo de fibra, polímero, e a manutenção das cargas por um período maior. Porém os resultados se mostram promissores na utilização de sensores de fibra ótica no controle do excesso de cargas em empilhamentos verticais para minimizar acidentes e perdas de recursos com armazenamentos inadequados.

## REFERÊNCIAS

- ABP. 2022. Células de carga. Fonte: ABP Weigh Systems: <<https://abp.it/visori-3-3-2>>
- ABRALOG. 2022. Abralog na CNN: crescimento do e-commerce faz galpão logístico ter recordes em 2022. São Paulo - SP: Associação Brasileira de Logística.
- ADEMI-ES. 2022. Espírito Santo precisa de mais 500 mil m<sup>2</sup> de galpões até 2024. Vitória-ES: Associação das Empresas do Mercado Imobiliário do ES.
- ATANES, S. 1989. Tecnologia: A Fibra Ótica. Super interessante. Acesso em 20 abr. 2022, disponível em <<https://super.abril.com.br/tecnologia/a-fibra-otica/>>
- BALBINOTE, A. 2019. Instrumentação e fundamentos de medidas (2° ed., Vol. 01). Engenho Novo, RJ, Brasil: LTC-ROTAPLAN. Acesso em 21 abr. 2022
- BARROS & ALBUQUEQUE 2010. Introdução a Fibras Ópticas (Vol. 011/03). CBPF-NT-011/03. Acesso em 20 abr. 2022
- BOJORGE, N. 2002. Sistema de Controle Automático e Instrumentação. Revista Control Engineering. Acesso em 02 jun. 2022, disponível em <<https://www.professores.uff.br/ninoska/wp-content/uploads/sites/57/2018/04>>
- CARDOSO, E. D. 2018. Fisiologia do sistema nervoso sensorial 1. (u. f. uff, ed.) nova friburgo, RJ, Brasil: Instituto de Saúde de Nova Friburgo. Acesso em 02 jun. 2022, disponível em <<https://pdi.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/358/2018/09/Fisiologia-do-sensorial-1.pdf>>
- CORRÊA, N. 2009. Modelagem numérica da propagação de pulsos ópticos em cadeias de guias acoplados. UFMA - Universidade Federal do Maranhão, Centro de ciências exatas e tecnologia - Programa de pós graduação em física. Maranhão: Programas de Pós-graduação da CAPES.
- COVISA. (2007). Estudo das irregularidades mais frequentes em estabelecimentos. São Paulo-SP: Vigilância de Alimentos.
- DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes. 2007. Sistemas de Pesagem em Movimento-(WIM).
- GASPARETO, D. 2017. Análise de sistema automatizado de pesagem veicular com plataformas. Universidade federal do rio grande do sul, p. 135.

- GZH. 2013. Excesso de peso em caminhões e falta de fiscalização reduzem a vida útil do asfalto. Fonte: The Trust Project: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2013/03/excesso-de-peso-em-caminhoes-e-falta-de-fiscalizacao-reduzem-a-vida-util-do-asfalto-4068924.html>>
- HBM. 2023. Células de Carga para balanças. HBM & HBK Company. Fonte: <<https://www.hbm.com/pt/0013/celulas-de-Carga>>
- KITANO, C. 2017. Tecnologia de Fibras Ópticas. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira - SP: Universidade Estadual Paulista. Acesso em 20 abr. 2022, disponível em <<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenharia>>
- KREBS, T. 2019. Refração, lentes e óptica da visão. SBF - Sociedade Brasileira de Física, p. 121. Acesso em 26 mai. 2022, disponível em <<https://girardi.paginas.ufsc.br/files/2016/09/Produto-Educacional.pdf>>
- MARQUES, S. 2020. WIKA - Como funciona um transmissor de pressão Fonte: WIKA: <<https://blog.wika.com.br/know-how/como-funciona-um-transmissor>>
- MARTINS, L. E., & FAGUNDES, R. 2005. Desenvolvimento do sistema óptico mecânico de um interferômetro tipo fabry-perot. Universidade do Vale do Paraíba.
- METTLER TOLEDO. 2022. Célula de Carga, Módulo de Pesagem, Sensor de Carga. Fonte: www.mt.com: <[https://www.mt.com/br/pt/home/products/Industrial\\_Weighing](https://www.mt.com/br/pt/home/products/Industrial_Weighing)>
- NALIN, M., & MANZANI, D. 2013. Fibras ópticas. (CRQ-IV, Ed.) Quimica Viva. Acesso em 20 abr. 2022, disponível em <[https://www.crq4.org.br/qv\\_fibrasopticas](https://www.crq4.org.br/qv_fibrasopticas)>
- NAPPO, L. G., & POTENZA, M. 2022. FIIs - Relatório Setorial Galpões. Itaú BBA.
- NOBREGA, B. L. 2022. Metrologia: A Evolução dos Equipamentos de Medida. (AMLEF, Ed.) AMLEF - Acervo Museológico dos Laboratórios de ensino de Física. Acesso em 22 mai. 2023 disponível em <<https://www.ufrgs.br/amlef/2022/08/26/equipamentos>>
- PANTOJA, R. 2017. Sensor de carga – aplicação em feixes de molas para controle de sobrecarga. Fonte: Pantoja Engineering & Consultant: <<https://www.pantojaindustrial.com/sensor-de-carga-aplicacao-em-feixes-de-molas-para-controle-de-sobrecarga/>>
- PATSKO, L. F. 2006. Tutorial aplicações, funcionamento e utilização de sensores. Londrina - PR, Brasil: PdP - Maxwell Bohr Tecnologia S/A. Acesso em 26 abr. 2022
- PEREIRA, R. J. 2008. Fibras ópticas e WDM. Rio de Janeiro - RJ: UFRJ - Comunicações ópticas. Acesso em 20 abr. 2022, disponível em <[https://www.gta.ufrj.br/grad/08\\_1/wdm1/index.html](https://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/wdm1/index.html)>
- PINTO, F. G. 2015. Inclinômetro instrumentado com fibra. Instituto Militar de Engenharia, p. 15. Acesso em 29 mai. 2023, disponível em <[https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT\\_3\\_tri\\_2015/RMCT\\_278\\_E2A\\_15.pdf](https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_3_tri_2015/RMCT_278_E2A_15.pdf)>
- SAKAMOTO, J. S. 2006. Sensor em fibra óptica aplicado à caracterização de atuadores piezoelétricos flexensionais. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, p. 173.
- SAMPAIO, S. L. 2013. Desenvolvimento de um sistema de pesagem com transmissão dos resultados por rádio frequência. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia -

Inmetro, p. 107. Acesso em 22 mai. 2023, disponível em [https://bom.org.br:8080/jspui/bitstream/2050011876/1124/1/2013\\_Sampaio.pdf](https://bom.org.br:8080/jspui/bitstream/2050011876/1124/1/2013_Sampaio.pdf)

SHENFANG, Y. 2005. Fiber optic based dynamic pressure sensor for WIM system. *Sensores e Atuadores A: Físicos*, 120, p. 58. Acesso em 29 mai. 2023, disponível em <https://doi.org/10.1016/j.sna.2004.11.008>

SIMÓN, R. A., & FIDERMAN, M. 2010. Eugéne Bourdon y la evolución del maómetro. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(1,1601), 10. Acesso em 04 mar. 2022, disponível em <https://www.sbfsica.org.br>

TAVARES, L. M., & LIMA, A. S. 2005. Célula de carga de impacto na caracterização de materiais para a cominuição. *Revista Escola de Minas*. doi:<https://doi.org/10.1590/S0370-44672006000100009>

TAVERNA, B. 2009. Calibração de pressão - Conhecendo e comparando padrões. (W. Mensor, Ed.) Acesso em 2022, disponível em [www.wika.com.br](http://www.wika.com.br): <https://docplayer.com.br/11554652-Calibracao-de-pressao>

WENDLING, M. 2010. *Sensores*. (C. T. Guaratinguetá, Ed.) Unesc - universidade estadual paulista. Acesso em 22 mai. 2023

## Processo de compras no comércio eletrônico: análise da eficácia do fluxograma de uma varejista de móveis em Teresina

Asthar Lopes da Rocha Marinho  
Joécio Braga de Sousa  
Elivania Leal Ribeiro  
Ítalo Rodrigo Monte Soares  
Jandson Vieira Costa  
Christiane Carvalho Veloso  
Márcio Henrique Yacyszyn  
Gabriel Oliveira Marques da Costa  
Salvina Lopes Lima Vera  
Francisco Rafael Campos de Macedo

### RESUMO

Analisa-se o objetivo geral da pesquisa ajustar o fluxograma atual ao processo de compras on-line. Estabelece-se como objetivos específicos: detalhar o processo de compras on-line atual; diagnosticar os principais gargalos entre o fluxograma atual e o processo de compras; e formular um fluxograma compatível com o processo de compras da empresa. Este estudo justifica-se devido a necessidade de identificar, desenhar e monitorar o real processo de compras *online* para melhor gerenciamento e tomadas de decisões futuras em possíveis melhorias do processo, bem como, a gestão da qualidade do processo para adquirir produtos online, visto que é um mercado em crescimento constante decorrente dos últimos acontecimentos globais. Neste estudo, em termos de referencial teórico-metodológico, trabalhou-se com a perspectiva de construção de fluxogramas, entendidos como aqueles que são construídos a partir da distribuição das atividades que ocorrem dentro da empresa. No conjunto da pesquisa, trabalhou-se com o fluxo interno de compras do cliente no site e com o site da empresa. Com base na análise do fluxo do processo real de compras, pode-se verificar a desconformidade do fluxo desenhado com a experiência final do cliente no comércio eletrônico da empresa, havendo assim, uma falta de consistência para com os objetivos estratégicos da organização, podendo influenciar negativamente em futuras tomadas de decisão. Com o redesenho do fluxo, podemos ter uma racionalização do processo, visando evitar desperdícios e simplificar o entendimento da equipe para melhorar a estrutura organizacional dentro da empresa.

**Palavras-chave:** compras online. fluxo. tomadas de decisão.



## ABSTRACT

The general objective of the research is to analyze and adjust the current flowchart to the online purchasing process. The specific objectives are to detail the current online purchasing process, diagnose the main bottlenecks between the current flowchart and the purchasing process, and formulate a flowchart compatible with the company's purchasing process. This article is justified by the need to identify, design, and monitor the real online purchasing process for better management and future decision-making in possible process improvements, as well as the quality management of the online product acquisition process, considering it is a constantly growing market due to recent global events. In this study, in terms of theoretical and methodological framework, we worked with the perspective of constructing flowcharts, which are understood as those built based on the distribution of activities that occur within the company. The research focused on the internal flow of customer purchases on the website and the company's website. Based on the analysis of the actual purchasing process flow, it was possible to identify discrepancies between the designed flow and the final customer experience in the company's e-commerce, resulting in a lack of consistency with the organization's strategic objectives, which can negatively influence future decision-making. Redesigning the flow can rationalize the process, aiming to eliminate waste and simplify team understanding to improve the organizational structure within the company.

**Keywords:** online purchasing. flow. decision-making.

## INTRODUÇÃO

Durante a pandemia de Coronavírus, que eclodiu no início de 2020 e ainda perdura até os dias atuais, a maioria das atividades econômicas teve seus resultados negativamente impactados. Para o comércio eletrônico, essa não é uma verdade, pois o isolamento social deu a oportunidade a diversos consumidores de terem seu primeiro contato ou de estreitar o relacionamento com esse canal de venda (TOMÉ, 2021).

O termo qualidade, segundo a norma ISO 8402, consiste na totalidade das características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer necessidades explícitas e implícitas dos clientes. O Fluxograma Descritor é caracterizado pela elaboração cartográfica de processos dinâmicos do cotidiano e configura uma importante ferramenta de gestão da qualidade (RODRIGUES, 2019).

Sendo assim, o fluxograma descritor é uma ferramenta de uso amplamente disseminado que pode ser aplicada na descrição de diversos tipos de fluxos sequenciais, como o fluxo das atividades que compõem um processo organizacional ou um projeto, por meio do encadeamento de símbolos, como o retângulo para representar atividades e o losango para representar tomadas de decisão (KRAJEWSKI *et al.*, 2009; NAKATSU, 2010).

O coordenador do CGI.br (Comitê Gestor da Internet no Brasil), Márcio Migon, explica que a internet e os dispositivos móveis passaram a desempenhar papel central durante a pandemia, possibilitando a continuidade de atividades empresariais com o *home office*, do comércio com as vendas online, prestação de serviços públicos, atividades educacionais com o ensino remoto e de saúde com as tele consultas.

Segundo o IBGE, em 2021, o número de domicílios com acesso à internet no Brasil chegou a 90,0%, segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Em termos absolutos, são 65,6 milhões de domicílios conectados, 5,8 milhões a mais do que em 2019. A pesquisa tem como objetivo principal o levantamento de informações conjunturais sobre as tendências e flutuações da força de trabalho brasileira.

Segundo as empresas Ebit e Nielsen, em 2020 durante o isolamento social, novos hábitos e formas de consumo foram criados e adaptados a essa nova realidade, e o *e-commerce* passou a ser uma ferramenta essencial para as empresas se manterem ativas e fazerem com que seus produtos chegassem ao consumidor final, o qual registrou um crescimento maior do que a média em relação aos novos consumidores do *e-commerce* brasileiro.

De acordo com levantamento do “*The Global Payments Report 2021*”, da *Worldpay from FIS*, empresa americana de soluções financeiras, o *e-commerce* brasileiro deve atingir faturamento de R\$ 314,8 bilhões em 2024.

Conforme a recente pesquisa “*Ecommerce Stats and Trends Report*” de 2023 da *SaleCycle’s*, uma média de 72.23% dos consumidores abandonam seus carrinhos, sendo 33% deles por enfrentarem algum tipo de dificuldade no processo de compras.

Diante dessa nova realidade, o presente estudo parte do seguinte questionamento: Qual(is) efeito(s) tem a falta de um trabalho que analise se o fluxograma atual é compatível com o processo de compras vigente?.

Para tanto, tem-se como objetivo geral desta pesquisa ajustar o fluxograma atual ao processo de compras on-line. De forma mais específica, buscou-se detalhar o processo de compras on-line atual, diagnosticar os principais gargalos entre o fluxograma atual e o processo de compras e formular um fluxograma compatível com o processo de compras atual.

A justificativa teórica se dá devido à alta do processo de compras online desde os impactos da pandemia, como já retratado em outras pesquisas e trabalhos, tais como: *Ecommerce Stats and Trends Report (SaleCycle’s, 2023)*; *E-commerce no Brasil cresce 47% no primeiro semestre, maior alta em 20 anos (EBIT e NIELSEN, 2020)*; se deve também ao fato de que os processos de negócio estão em constante melhoria e a capacidade de os desenhar e redesenhar é uma parte fundamental. Netjes etl (2006).

A justificativa prática desta pesquisa partiu da necessidade de identificar, desenhar e monitorar o real processo de compras online para melhor gerenciamento e tomadas de decisões futuras em possíveis melhorias do processo, bem como, a gestão da qualidade do processo de compras online, visto que é um mercado em crescimento constante decorrente dos últimos acontecimentos globais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, em termos de referencial teórico-metodológico, trabalhou-se com a perspectiva de construção de fluxogramas, entendidos como aqueles que são construídos

a partir da distribuição das atividades que ocorrem dentro da empresa.

Esse trabalho foi desenvolvido no intuito de fazer uma comparação entre o processo de compra no site pelos clientes de uma empresa de móveis e eletrodomésticos local e o fluxograma de compras do cliente divulgado internamente.

Primeiramente buscou-se o levantamento documental na empresa de forma a construir o fluxo atual da empresa. A pesquisa documental segundo (FONSECA, 2022) é o levantamento realizado em fontes primárias como, relatórios, documentos e etc. Em seguida tomou-se como base os princípios básicos de Organização Sistemas e Métodos por meio de uma pesquisa bibliográfica e documental no intuito de vislumbrar o fluxo atual e com isso buscar uma melhoria no fluxo existente. Segundo (GIL, 1994) pesquisa bibliográfica possibilita a utilização de publicações que ajudam na definição do objeto estudado.

Segundo (LIMA E MIOTO, 2007) define -se pesquisa bibliográfica como sendo uma soma de etapas que devem ser seguidas de forma ordenada, permitindo que se possa ter a possibilidade de solucionar problemas, observando-se o objeto ao qual se pretende examinar.

A análise envolveu os seguintes passos: (a) visão do processo de compra realizado no site; (b) comparação do processo de compra no site com o fluxograma interno em vigor na empresa; (c) elaboração de um fluxo que seja condizente com o processo de compras realizado no site da empresa.

Para elaboração do trabalho será utilizado a notação *Business Process Model and Notation* (BPMN). Essa notação é uma metodologia utilizada para modelagem de processos organizacionais (ZUR MUEHLEN E INDULSKA, 2010; WESKE, 2007).

## ESTUDO DE CASO

A empresa, fundada em 1955, bem firmada e reconhecida na capital nordestina de Teresina, sua base de clientes é, em grande parte, um público mais velho. Atualmente conta com 9 filiais e 2 centros de distribuição, porém, no que diz respeito ao comércio eletrônico, é uma empresa dando seus primeiros passos com esse canal de vendas.

Após o isolamento social necessário devido a pandemia, a empresa precisou às pressas entregar a primeira versão do seu site, contando apenas com a funcionalidade de pagamento de prestações dos carnês ainda em validade. Desde então, a empresa já redesenhou processos em busca de melhorias, e atualmente conta com as funcionalidades de venda online integradas com o seu ERP.

Ainda em fase inicial, e com pouco investimento, faz-se necessário uma boa gestão da qualidade em conjunto com melhorias de processos para melhor atender os clientes e como consequência, melhorar o resultado economicamente desse canal e expandir seu público, atraindo as novas gerações.

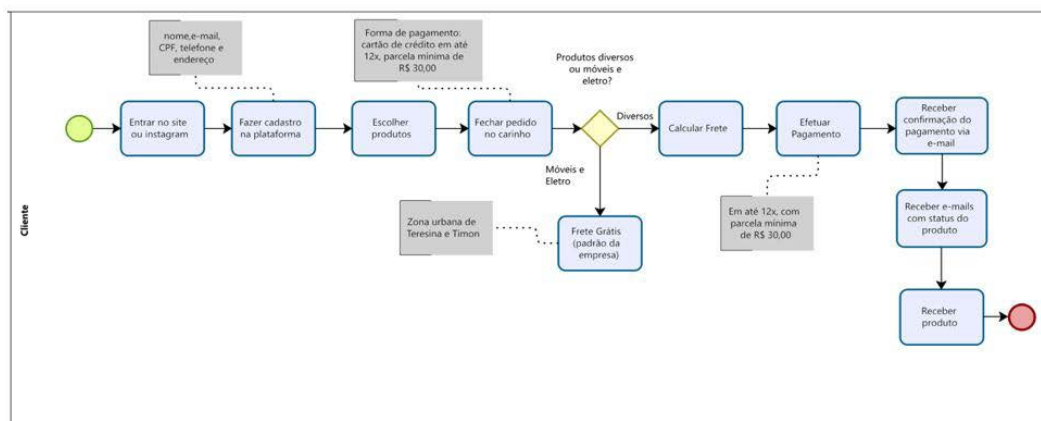
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o Fluxo de Processo descrito na figura 1, observa-se que o processo tem início quando o cliente acessa o site da empresa diretamente ou via *Instagram* a partir desse acesso, o fluxo indica que o próximo passo seria criar o seu cadastro na plataforma e só após isso o consumidor, começaria a escolher produtos para poder fechar o pedido no carrinho. Em comparação, percebe-se que o cliente tem mais possibilidades de navegação no site, e não tem a obrigação de criar diretamente a conta para isso. Para fechamento da compra o comprador tem dois tipos de frete disponíveis: Frete pago e Grátis dependendo do tipo de produto, após o cálculo automático do frete, o cliente efetua o pagamento e recebe atualizações do mesmo via e-mail até o recebimento da mercadoria.

Para (ROCHA E ALBUQUERQUE, 2007), é fundamental a existência de sincronismo organizacional, ou seja, é preciso alinhar estratégia, processos internos e pessoas. Nesse contexto, faz-se absolutamente necessário que ocorra uma interação entre estes elementos, promovendo uma gestão tanto eficaz quanto eficiente, com garantia de continuidade da organização.

O mapeamento de processos pode ser um meio pelo qual se pode efetivamente focar a organização em seus clientes, garantindo qualidade e produtividade nos principais processos, obtendo maior agilidade e objetividade nas decisões e, por fim, transformar radicalmente a organização no sentido de torná-la, de fato, mais competitiva (ROCHA, E ALBUQUERQUE, 2007).

Figura 1 – Fluxo descritor.



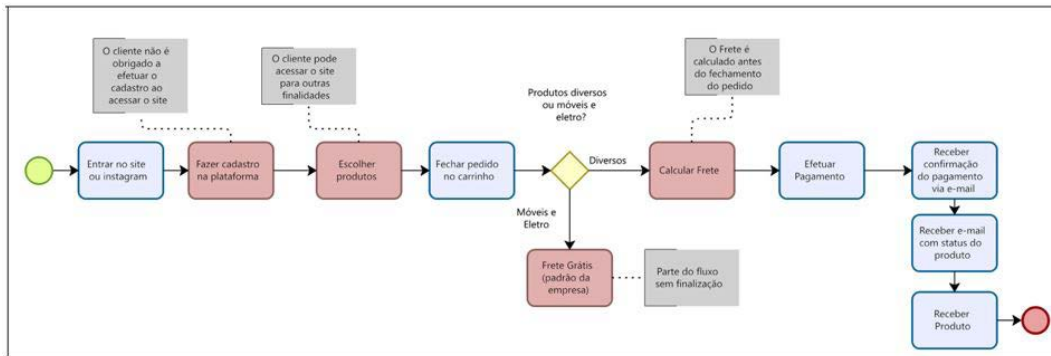
Fonte: Próprio autor (2023).

Percebe-se que de acordo com o fluxo descritor da empresa, ao acessar o site, seria solicitado um cadastro na plataforma, porém, o cadastro não é realmente obrigatório para navegação no *e-commerce* da empresa. Além disso, o próximo passo seria escolher diretamente um produto, porém o consumidor final tem outras opções de navegação, como por exemplo, o pagamento de uma prestação, que não são detalhados no fluxograma.

Outro ponto importante para citar é que o cálculo de frete é feito de forma automática no carrinho, antes mesmo do pedido ser fechado, ordem que aparece invertida no desenho do fluxo. Sendo assim, faz-se necessário redesenhar o fluxo de compras baseando-se no processo real para o alinhamento das equipes quanto à plataforma online. Os gargalos do processo foram detalhados na Figura 2.



Figura 2 – Gargalos do processo.



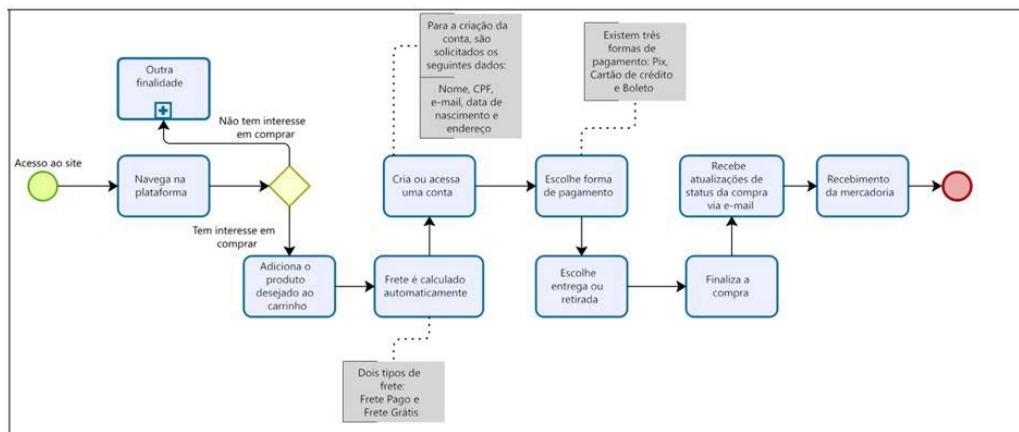
Fonte: Próprio autor (2023).

Analisando o processo de compras online da empresa, observa-se que o procedimento tem início no acesso do cliente ao site, podendo ser um acesso direto, ou via Instagram e WhatsApp, a partir desse acesso o usuário poderá navegar na plataforma com várias finalidades, para pagamento de prestações, acesso a informações de campanhas alinhadas com a loja física, ou até mesmo para a compra de produtos de seu interesse. Em havendo o interesse na compra, o mesmo poderá livremente escolher o produto desejado e seguir para o carrinho, onde será feito automaticamente o cálculo de frete com base em sua faixa de CEP, a plataforma atualmente tem dois tipos de frete: frete pago, para produtos diversos, e frete grátis para móveis e eletros de grande porte, após o cálculo, o cliente precisará criar ou acessar sua conta na plataforma para prosseguir ao pagamento.

O cadastro é feito de forma simples, onde é solicitado informações básicas do cliente como, Nome, CPF, e-mail, data de nascimento, telefone e endereço. Após criação do cadastro o cliente preenche as informações de pagamento entre 3 opções disponíveis: Cartão de crédito, Pix ou Boleto. Com a finalização da compra, é enviado um e-mail informando a confirmação do pedido e durante as operações de confirmação de pagamento, separação do pedido e entrega da mercadoria, o consumidor recebe atualizações via e-mail até o recebimento da mercadoria.

Em havendo o interesse de navegação com outra na finalidade dentro da plataforma, foi criado um subprocesso para ser detalhado em outro momento. Após navegação de mapeamento do processo, foi desenhado o fluxo real seguido pelos consumidores durante o seu acesso no comércio eletrônico da empresa, visto na figura 3.

Figura 3 – Fluxo real.



Fonte: Próprio autor (2023).

Os redesenhos e mapeamento de processos permitem racionalizar o processo, minimizando desperdícios, removendo atividades que não agregam valor do ponto de vista do cliente e simplificando as operações, de forma a tornar as empresas mais competitivas e atraentes para seus clientes (PRADELLA *et al.*, 2012).

Segundo Verner (2004) o *Business Process Management* (BPM) é uma abordagem que implica modelar a estrutura organizacional, tendo a capacidade de definir os processos de negócio e demonstrar a interação entre eles.

Gestão de Processos de negócio ou BPM – *Business Process Modeling* é uma abordagem disciplinada para identificar, desenhar (ou projetar), executar, medir, monitorar e controlar processos de negócio, automatizados ou não, para alcançar consistência e resultados alinhados aos objetivos estratégicos da organização, envolvendo, ainda, com ajuda de tecnologia, formas de agregar valor, melhorias, inovações e o gerenciamento dos processos ponta a ponta, levando a uma melhoria do desempenho organizacional e dos resultados de negócios. (BPM CBOK, 2009).

Para Netjes *et al.* (2006), durante a implementação de um projeto de BPM os processos de negócio estão em constante melhoria e a capacidade de os desenhar e redesenhar é uma parte fundamental. O processo de implementação do BPM é apresentado por diversos autores em forma de ciclo onde deve-se respeitar cada etapa para que possa garantir a maximização dos resultados, este processo é chamado de ciclo de vida em um projeto BPM conforme apresentado na figura 4.

**Figura 4 - Ciclo de vida BPM.**



**Fonte: BPM CBOK (2009)**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise do fluxo do processo real de compras, pode-se verificar a desconformidade do fluxo desenhado com a experiência final do cliente no comércio eletrônico da empresa, havendo assim, uma falta de consistência para com os objetivos estratégicos da organização, podendo influenciar negativamente em futuras tomadas de decisão. Com o redesenho do fluxo, podemos ter uma racionalização do processo, visando evitar desperdícios e simplificar o entendimento da equipe para melhorar a estrutura organizacional dentro da empresa.

A Gestão de Processos de Negócio ou BPM é tida como ideal dentro da

organização, pois a partir dos desenhos de cada processo é possível gerenciar cada um deles individualmente. Apesar da prática ser considerada como ideal, o fluxo já desenhado poderia ser classificado como antiquado para o que realmente ocorria na prática do processo de compras no comércio eletrônico.

A estrutura organizacional é um fator ambiental da empresa que pode afetar a disponibilidade dos recursos e influenciar a forma como os projetos são conduzidos, sem ela a empresa perde um instrumento importante para a administração e prospecção do projeto, tendo o conhecimento que um dos objetivos da empresa é consolidar-se no mercado do Piauí como loja referência em seu segmento, expandir as atividades para novas regiões e tornar-se referência no comércio eletrônico nos próximos cinco anos.

## REFERÊNCIAS

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social São Paulo: Atlas, 1994.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

ROCHA, Paulo; ALBUQUERQUE, Alan. Sincronismo Organizacional. Ed. Saraiva, 2007.

TURBAN, Efraim; KING, David. Comércio Eletrônico - Estratégia e Gestão. Disponível em: <https://www.estantevirtual.com.br/livros/efraim-turban-e-david-king/comercio-eletronico-estrategia-e-gestao/697069609>.

PRADELLA, S.; FURTADO, J.C.; KIPPER, L.M. Gestão de processos da teoria à prática – Aplicando a Metodologia de Simulação para a Otimização do Redesenho de processos. São Paulo: Atlas, 2012.

ROPOCHER, M.; GHIDINI, C.; SERAFINI, L. An ontology for the Business Process Modelling Notation. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-ontology-for-the-Business-Process-Modelling-Rospocher-Ghidini/43acc4675b2331532a548133f4f0cd1ea7451eba>.

NETJES, Mariska; REIJERS, Hajo A.; van der AALST, Wil M.P. Supporting the BPM life-cycle with FileNet. Disponível em: <http://www.padsweb.rwth-aachen.de/wvdaalst/publications/p328.pdf>.

RIGON, B.; MICHELS, B. O DESEMPENHO LOGÍSTICO DO E-COMMERCE B2C NA EXPERIÊNCIA DE COMPRA DO CONSUMIDOR UNIVERSITÁRIO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/view/12940>.

JORGE, G.; MIYAKE, D. Estudo comparativo das ferramentas para mapeamento das atividades executadas pelos consumidores em processos de serviço.

LIMA, T.C.S de; Mioto, R.C.T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. Katál, Florianópolis, v.10, spe, 2007.

RODRIGUES, R. P. *et al.* Fluxograma Descritor do processo de trabalho: ferramenta para fortalecer a Atenção Primária à Saúde. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/B3jPkkktrhFLx6R79Fbw4yk/?lang=pt#>.

VERNER, L. BPM: The Promise and the Challenge. Disponível em: <https://queue.acm.org/detail.cfm?id=984503>.

ROBASKI, E. R. *et al.* Omnichannel como vantagem competitiva no varejo calçadista do Rio Grande do Sul. Disponível em: [https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/18714/2/Omnichannel\\_como\\_vantagem\\_competitiva\\_no\\_varejo\\_caladista\\_do\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Sul.pdf](https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/18714/2/Omnichannel_como_vantagem_competitiva_no_varejo_caladista_do_Rio_Grande_do_Sul.pdf).

ISO. ISO 8402:1994 Quality management and quality assurance – Vocabulary. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12/nbriso8402-gestao-da-qualidade-e-garantia-da-qualidade-terminologia>.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/90-dos-lares-brasileiros-ja-tem-acesso-a-internet-no-brasil-aponta-pesquisa>.

WESKE, M. (2007). Business process management: concepts, languages, architectures. Berlin Heidelberg; Springer-Verlag.

Worldpay. (2021). The Global Payments Report 2021. Recuperado de <https://www.fisglobal.com/en/global-payments-report>.

SALESCYCLE. (2023). Ecommerce Stats and Trends Report. Recuperado de <https://www.salecycle.com/blog/strategies/2023-ecommerce-stats-trends-report-webinar/>.

ZUR MUEHLEN, M., & INDULSKA, M. (2010). Modeling languages for business processes and business rules: a representational analysis. *Information Systems*, 35(4), 379-390. <http://dx.doi.org/10.1016/j.is.2009.02.006>.

TOMÉ, Luciana Mota. Caderno setorial ETENE 2021. Fortaleza: Banco do Nordeste, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, 2021. [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/908/1/2021\\_CDS\\_178.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/908/1/2021_CDS_178.pdf)

KRAJEWSKI, L. J., RITZMAN, L. P., & MALHOTRA, M. K. (2009). Administração de produção e operações (8. ed.). São Paulo: Pearson  
Disponível em: <https://www.estantevirtual.com.br/livros/lee-krajewski-larry-ritzman-manoj-malhotra/administracao-de-producao-e-operacoes/3871224976>

MIGNON, Marcos. Declaração sobre a internet e os dispositivos móveis. Recuperado de <https://www.aarb.org.br/estudo-mostra-que-pandemia-intensificou-uso-das-tecnologias-digitais/>

EBIT; NIELSEN. 42ª Webshoppers. 2020. Disponível em <https://pay.ebit.com.br/products/webshoppers-42-ecommerce-no-brasil>

Association of Business Process Management Professionals. BPM CBOK® Version 2.0. Needham, MA: Meghan-Kiffer Press, 2009.

## APÊNDICES

### Notações BPMN

Pool ou Piscina: Representa um processo ou uma entidade.



Lane ou Raia: É uma subpartição dentro do pool. São usadas para organizar e categorizar a pool.



Fluxo de Sequência: É usado para mostrar a ordem em que as atividades serão executadas. Cada fluxo tem só uma origem e só um destino.



Tarefa: A tarefa é uma atividade de trabalho no menor nível de granularidade. Ela representa uma ação no processo que pode ser executada por uma pessoa ou um sistema.  
Tarefa Abstrata: É o tipo de atividade mais frequentemente usado durante os estágios iniciais do desenvolvimento do processo.



Subprocesso Reutilizável: É uma referência ao diagrama de outro processo, indicando que está sendo reutilizado no fluxo em que está inserido.



Gateway Exclusivo Baseado em Dados.



Divisão: Dá seguimento ao fluxo por uma condição exclusiva, em que apenas um dos caminhos será seguido de acordo com uma informação a ser testada. Quando o processo em execução atingir este gateway, o processo deverá verificar a condição indicada, e apenas uma das saídas do gateway dará seguimento. Semanticamente, este gateway funciona como um “ou”, já que ou um ou outro caminho será seguido – nunca mais de um.

**Unificação:** Dá seguimento ao fluxo quando um dos caminhos atingir o gateway. Quando o processo em execução atingir este gateway, o processo deverá verificar a condição indicada, e apenas uma das saídas do gateway dará seguimento. Semanticamente, este gateway funciona como um “ou”, já que ou um ou outro caminho será seguido – nunca mais de um. Além de realizar separação de fluxos, o gateway também pode unificar fluxos distintos em uma única sequência de atividades. Neste caso, o gateway exclusivo implica no entendimento que, dos caminhos que convergem a ele, o primeiro que chegar dará continuidade no fluxo do processo.



**Evento de Início:** O evento de início marca o ponto onde deve-se iniciar a leitura ou a execução de um processo. O evento de início será sempre do tipo catch, pois deve aguardar a ocorrência de um evento para realizar o disparo (início da execução) do processo. É recomendável que todo o processo tenha um evento de início para facilitar a leitura do diagrama, possibilitando a quem lê identificar por onde começa o fluxo de atividades.

**Início Simples (None)** é representado por um círculo com a borda fina sem nenhum ícone dentro do círculo. O Evento de Início sem definição indica umas destas duas situações: Que um processo foi iniciado e não foi definida a forma da sua iniciação. Ou seja, a definição foi omitida ou que o começo do processo acontece de uma forma interna, ou seja, não é ativado por algo externo ao processo. Qualquer processo que seja iniciado por uma requisição externa geralmente utilizará o evento de início de mensagem.



**Evento de Fim:** O evento de fim marca o término onde deve-se iniciar a execução de um processo. O evento de fim será sempre do tipo throw, marcando que o processo termina com a geração de um fato. É recomendável que todo o processo tenha ao menos um evento de fim. É possível, entretanto simbolizar terminos diferentes para o processo usando mais de um evento de fim.

## O grande sucesso de determinados aplicativos na Apple Store e Play Store, a profissão que cresceu e é a da atualidade e do futuro com a Revolução 4.0, demonstrando o aplicativo mais baixado da Play Store e Apple Store

Welken Charlois Gonçalves

*Formado em Física e Pós-Graduação MBA em Segurança da Informação*

### RESUMO

O estudo basicamente se resume em demonstrar um exemplo de aplicativo do Xamarin Forms, é um aplicativo de Frases, a ênfase é demonstrar a grande procura de aplicativos de frases, fotos de compartilhamento em que os dois tipos são os mais buscados nas Stores de Aplicativos do Mundo, com os dois tipos de códigos é possível criar diversas possibilidades de aplicações com o mesmo código fonte, monetizando os aplicativos para gerar receitas com publicidade, com diferentes nichos em que a aplicação se voltará ou com diferentes faixas etárias. Para embasar diferentes nichos e faixa etária um suporte de Marketing Administrativo na monetização dos aplicativos é fundamental.

**Palavras-chave:** aplicativo de frases. Xamarin Forms, monetização de aplicativos.

### ABSTRACT

The article basically boils down to demonstrating an example of a Xamarin Forms application, it is a Phrases application, the emphasis is on demonstrating the great demand for phrase applications, sharing photos in which the two types are the most searched in the Application Stores of the Mundo, with both types of codes it is possible to create different possibilities of applications with the same source code, monetizing the applications to generate advertising revenue, with different niches in which the application will turn or with different age groups. To support different niches and age groups, Administrative Marketing support for app monetization is essential.

**Keywords:** phrase app. Xamarin Forms. app monetization.



## INTRODUÇÃO

Como vivemos em uma sociedade neoliberal do capitalismo, a sobrevivência se dá basicamente por um darwinismo econômico de capital, então para se iniciar nos estudos de aplicativos a base é conhecer o Estados Unidos das América e suas consolidação como nação imperialista através de criações de escolas de administrações, em que criaram teoria de administrativas, marketing publicitário e teorias de psicanálise como a de Sigmund Freud até os dias de hoje, do inconsciente. Basicamente as escolas de administração surgiram no pós-guerra de 1945, aliados as teorias de psicanálise desenvolvidas a partir de 1900 por Freud. Como dois exemplos citemos, os aplicativos religiosos e infantis que geram grandes retorno em publicidade, através dos cliques e consumos, concomitantemente, podemos falar de séries de *streaming*, segmentos de grandes meios de comunicação, tendências de Hollywood, lançamentos da moda dos grandes centros europeus, como Roma, Paris, Munique e Londres ou americano como Nova Iorque que determinam o multiculturalismo da civilização mundial e afins, são diversas oportunidades para o mercado, contudo deve-se embasam em teoria de administração para melhor projeção dos lançamentos dos aplicativos nas *stores*, como exemplo, temos 6 tipos de teorias da administração *Os Sete Ps do Marketing Mix, Análise SWOT, Hierarquia das Necessidades de Maslow, Segmentação do mercado, Processo de Tomada de Decisão do Consumidor e As Cinco Forças de Porter*. Como exemplo, a escola norte-americana usou suas teorias de administração para reconstrução dos países afetados na Segunda Guerra Mundial, W. Edward Deming foi o americano mais influente na gestão organizacional e industrial do Japão, em que nos anos 1980 chegou a segunda economia mundial como potência no mundo.

Um breve relato da teoria da psicanálise e marketing administrativo, no Brasil tem-se universidades e cursos em plataformas com profissionais com experiência no mercado de acordo com a realidade dos brasileiros, contudo como as *Stores* é mundial tem que se diversificar com a realidade de determinado nicho e de determinada localidade que se pretende adentrar com as aplicações, no Brasil, vale ressaltar, que temos um regionalismo diversificado, assim como em outros países, como por exemplo, EUA, a diversidade dos regionalismo norte-americanos como Nova Iorque e o Texas, ou Seattle. Mas isso tudo, pode ser diversificado com diferentes parâmetros na hora da monetização das aplicações, no console da *Store* e fundamental e mais importante na construção do aplicativo. É interessante que não se sobrecarregue as contas das *Stores* com diversos aplicativos, pois três advertências já suspendem a contas de *developer* das *Stores*, por isso é necessário estar cientes das políticas de privacidades e não vincular conteúdo enganoso, uma nota, é que o google é mais restrito a liberar conteúdo de aplicações.

Contudo a criação de Software não se restringe somente a teoria da publicidade, o que pode servir de apoio e deve, é por exemplo, a segurança da informação, por exemplo para uma melhor implantação e criação dos seus aplicativos deve-se embasar em Governança de TI da estratégia à Gestão dos Processos e Serviços, com diversos modelos, como ITIL e Cobit, assim como na teoria da administração, a governança em TI, abrange o estudo de pequenas, médias empresas e no Governo.

Entrando na programação temos diversas plataformas de desenvolvimento de aplicativo, falando de *Windows* no Brasil, temos o *Android Studio* e o *Xamarin Forms*, o



artigo basicamente, aborda o *Xamarin Forms* pela possibilidade e facilidade de que se desenvolve tanto em *Play Console* como *Apple Console*, com o mesmo código fonte. Contudo para se usar a *Apple Store* é necessário um *Apple Mac*, mas há a possibilidade de se integrar um MAC em um *Windows* através do *Virtual Box*, o pareamento dá para se fazer com o *Iphone*. Enfatizando que as *Stores* têm seus preços para deixar seu aplicativo no ar.

Os dois aplicativos demonstrados são uma linguagem básica de *Xamarin Forms*, é uma linguagem básica da plataforma, com um Design muito bom que mostra que os aplicativos mais procurados não necessitam de um desenvolvimento tão complexo, contudo para focar em um nicho precisa-se desenvolver um código fonte focado para tal nicho, como um leitor de PDF, editores de vídeos ou aplicativos de encontros, uma boa opção, pois ter pouca oferta e um público determinado para tais interesses de aplicativos. Nota-se, que um aplicativo de determinado nicho o seu código fonte não é tão complexo, só se necessita de determinados parâmetros que realizam a atividade e função do aplicativo. Os códigos seguintes convertem-se facilmente em outras plataformas.

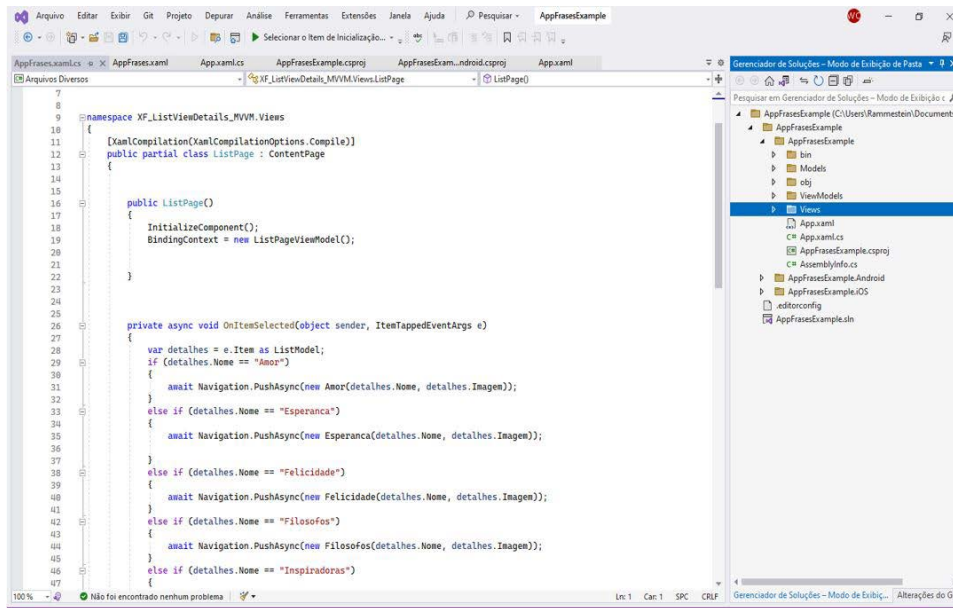
Notando-se que com a Revolução 4.0 já começando a ser implantada no mundo, basicamente foram desenvolvidas na Alemanha e Japão, espera-se que nos próximos anos tenham uma robotização do setor primário, secundário e terciário, o que não necessitará de uma demanda de um grande número de mão de obra, contudo temos uma população mundial de idade avançada, governos e órgãos internacionais cogitam um salário social para a população, aqui entraria as políticas de Malthus e Keynes na atualidade. Como exemplo, carros, vendedores e professores com inteligências artificiais e robotizados, e no mundo atual uma redução drástica dos números de alunos no ensino infantil. Notando, o avanço de semicondutores e transistores na produção de computadores, o que possibilitou a evolução acentuada da inteligência artificial e agora chegamos ao computador quântico, por exemplo, semicondutores e transistores o mundo depende de sua produção dos chineses. A expectativa de mercado para essa profissão é viável dependendo e possível de acordos econômicos de blocos entre países do mundo todo, abertura de mercado e reciprocidade em adentrar no mercado externo, ou possivelmente, em plataformas nacionais. Por isso, a elevação e restrição de posse de bens na sociedade e na economia mundial com disparada de juros e inflação desde o governo Ronald Reagan, o plano da Revolução 4.0. A classe média praticamente se igualou a classe baixa que emergiu, os salários estatais do funcionalismo de instituições públicas, com a política neoliberal de privatizações foram reduzidos substancialmente, e o que prevalece hoje no mundo e no Brasil é a economia do livre mercado e das profissões, concluindo que a profissão *Developer* de desenvolvimento de Software é uma grande opção para ocupar e se adaptar ao mercado neoliberal de uma nova governança da economia mundial, no mercado internacional, em que o Brasil se inseriu em meados dos anos 1990. A população viverá no multiculturalismo e teremos uma massa igualitária e comum.

## APLICATIVO DE FRASES XAMARIN FORMS

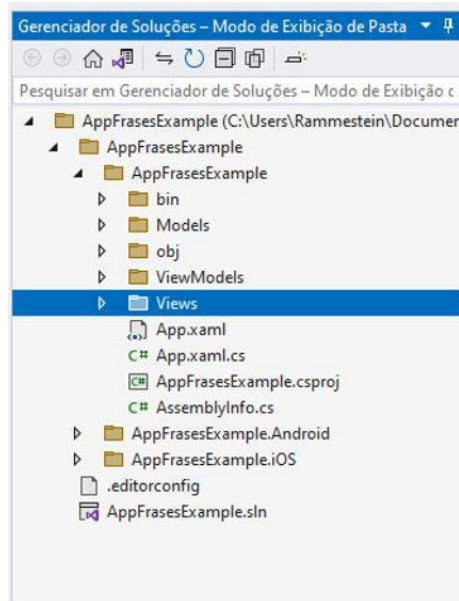
### Views, tela inicial

Iniciando o programa é só criar um projeto, clonar projeto ou abrir uma pasta, tem-

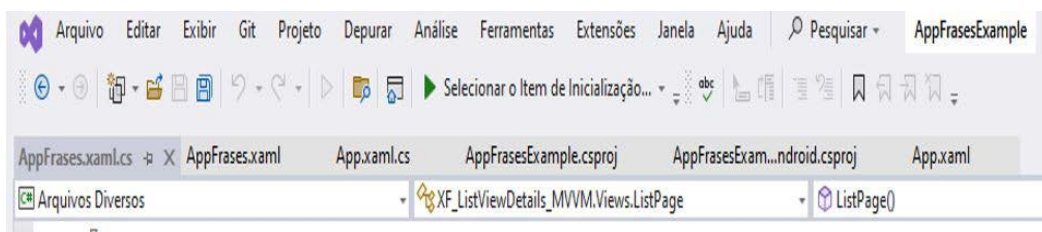
se no aplicativo de frases o seguinte visual da tela inicial:



O mais importante e onde são realizadas as transições de pastas é o gerenciador de soluções, ao lado direito, que no aplicativo de frases tem a seguinte aparência, onde o mais importante para o código são *Views*, *ViewsModel* e *Model*, onde são feitas as principais manipulações e raízes do código fonte:

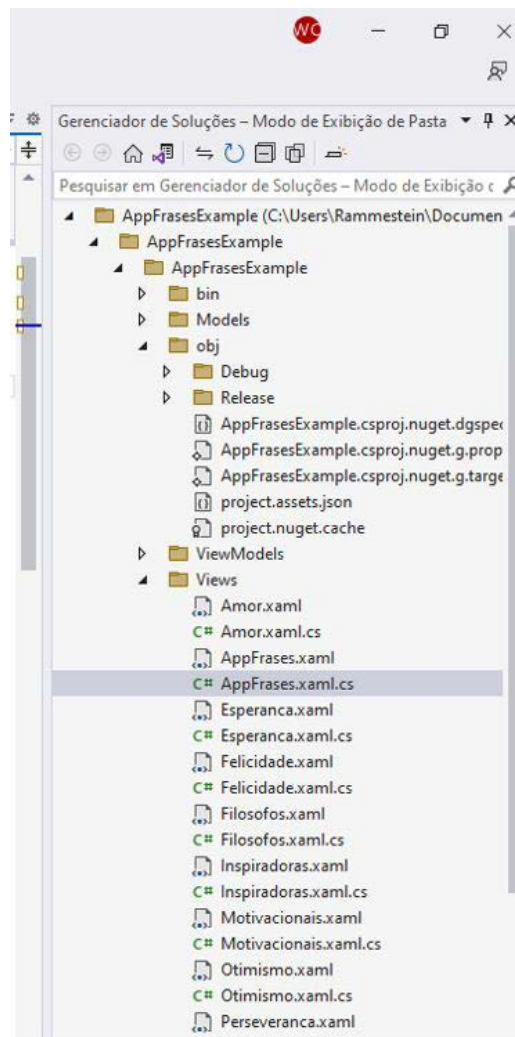


Ao lado esquerdo a maior tela é onde se constrói o código, na barra superior do *Xamarin Forms* temos desde arquivo até pesquisar, com fato notável de depurar para gerar o apk.



Chega-se agora a intenção do artigo que é a parte principal do código fonte onde

se faz sua construção de corpo principal, a *Views* e *ViewsModel*, pode-se ter outros nomes nas pastas, mas por padrão de desenvolvimento, chama-se assim, vê-se que há uma hierarquização de pastas arquivos .xaml e .cs, justamente para ficar mais organizado e não dar problemas em depurações do apk, na hora do *release* e no futuro, quando o aplicativo estiver instalado em milhares ou milhões de smartphone ou *iphone*, por isso a entender a programação e a governança em TI é de fundamental necessidade, para não poluir o código, como colocar funções, por exemplo botões ou imagem que sobrecarregam o suporte da memória ram do celular o processador e até mesmo o tamanho da aplicação que não chama a atenção dos usuários, visto que esta aplicação compilada tem 12MB.



Na construção do AppFrases.xaml, tem se a definições das dimensões da imagem que vai ser a saída no emulador e nos smartphones:

O que interessa aqui, temos inicialmente o <ContentPage que chama os xlms e as classes, como as grades, o <ListView ItemsSource="{Binding Frases}", Source="{Binding Imagem}" e Text="{Binding Nome}", o Binding que chama as funções do Model. O restante são dimensões que podem ser estudadas no Learn Microsoft ou fóruns de perguntas. Atenção especial para o <ListView, que tem análogos de funções nas plataformas de programações para desenvolvimento de aplicativos. E x: Class="XF\_ListViewDetails\_MVVM.Views.AppFrases chama o arquivo do código para executar a funções do Xamarin Forms.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<ContentPage xmlns="http://xamarin.com/schemas/2014/forms"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
    xmlns:d="http://xamarin.com/schemas/2014/forms/design"
    xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
    xmlns:controls="clr-
namespace:ImageCircle.Forms.Plugin.Abstractions;assembly=ImageCircle.Forms.
Plugin"
    mc:Ignorable="d"
    x:Class="XF_ListViewDetails_MVVM.Views.AppFrases"
    Title="Frases"
    BackgroundColor="#6FCF97">
<ContentPage.Content>
<Grid Padding="10">
<Frame CornerRadius="10" HasShadow="True">
<StackLayout Orientation="Horizontal">
<StackLayout VerticalOptions="Center" >
<controls:CircleImage
    HeightRequest="75"
    WidthRequest="75"
    HorizontalOptions="CenterAndExpand"
    VerticalOptions="CenterAndExpand"
    Aspect="AspectFill"
    Grid.RowSpan="2"
    Source="ideia.jpg"/>
<Label Grid.Column="1"
    Text="Frases"
    FontSize="Medium"
    TextColor="Black"
    HorizontalOptions="CenterAndExpand"

```

```

VerticalOptions="CenterAndExpand"/>
<ListView ItemsSource="{Binding Frases}"
x:Name="lstView" RowHeight="60"
CachingStrategy="RecycleElement"
HasUnevenRows="True"
SeparatorColor="Blue"
SeparatorVisibility="None"
ItemTapped="OnItemSelected">
<ListView.ItemTemplate>
<DataTemplate>
<ViewCell>
<Grid Padding="10">
<Frame CornerRadius="10" HasShadow="True">
<StackLayout Orientation="Horizontal">
<StackLayout VerticalOptions="Center" >
<controls:CircleImage
HeightRequest="75"
WidthRequest="75"
HorizontalOptions="Center"
VerticalOptions="CenterAndExpand"
Aspect="AspectFill"
Grid.RowSpan="2"
Source="{Binding Imagem}" />
<Label Grid.Column="1"
Text="{Binding Nome}"
FontSize="Medium"
TextColor="Black"
HorizontalOptions="Center"
VerticalOptions="CenterAndExpand"/>
</StackLayout>

```

```

        </StackLayout>
    </Frame>
</Grid>
</ViewCell>
</DataTemplate>
</ListView.ItemTemplate>
</ListView>
</StackLayout>
    </StackLayout>
</Frame>
</Grid>
</ContentPage.Content>
</ContentPage>

```

Em *Views*, *AppFrases.xaml.cs*, temos o corpo de tela inicial que dá aparência do aplicativo, existem diversas possibilidades de público e tendências de gostos de determinados públicos, temos um exemplo que será mostrado em seguida que é um marketing e *desing* universal, você pode ter públicos diversificados, como tendências em cordéis, k-pop inglês ou coreano, reggae, basquetebol e gótico.

Basicamente o código do *AppFrases.xaml.cs* é:

Primeiro chama-se as bibliotecas com *using*.

```

using Xamarin.Forms;
using Xamarin.Forms.Xaml;
using XF_ListViewDetails_MVVM.Models;
using XF_ListViewDetails_MVVM.ViewModels;
using XF_ListViewDetails_MVVM.Views;
using System.Collections.Generic;

```

Em seguinte, o início do programa da *sreen*, com namespace, public partial class, public *AppFrases()*[aqui inicializa os componentes e chama através do *BindingContext* o *AppFrasesViewModel*, onde vão estar as strings e imagens, no caso deste aplicativo.]

```

namespace XF_ListViewDetails_MVVM.Views
{
    [XamlCompilation(XamlCompilationOptions.Compile)]

```

```

public partial class AppFrases : ContentPage
{
    public AppFrases()
    {
        InitializeComponent();
        BindingContext = new AppFrasesViewModel();
    }
}

```

Após isso com o private async void, colocamos onItemSelected, var, if e elseif que são as condições lógicas e await Navigation.PushAsync[que chama e abre nova tela].

```

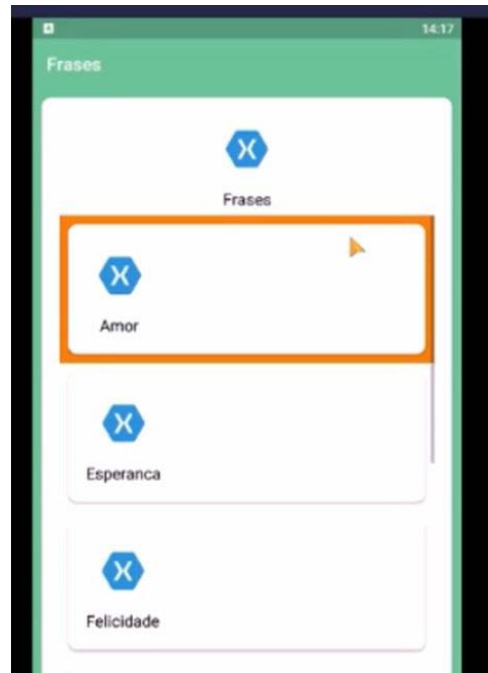
private async void OnItemSelected(object sender, ItemTappedEventArgs e)
{
    var detalhes = e.Item as ListModel;
    if (detalhes.Nome == "Amor")
    {
        await Navigation.PushAsync(new Amor(detalhes.Nome, detalhes.Imagem));
    }
    else if (detalhes.Nome == "Esperanca")
    {
        await Navigation.PushAsync(new Esperanca(detalhes.Nome, detalhes.
Imagem));
    }
    else if (detalhes.Nome == "Felicidade")
    {
        await Navigation.PushAsync(new Felicidade(detalhes.Nome, detalhes.
Imagem));
    }
    else if (detalhes.Nome == "Filosofos")
    {
        await Navigation.PushAsync(new Filosofos(detalhes.Nome, detalhes.
Imagem));
    }
}

```

```
        else if (detalhes.Nome == "Inspiradoras")
        {
            await Navigation.PushAsync(new Inspiradoras(detalhes.Nome, detalhes.
Imagem));
        }
        else if (detalhes.Nome == "Motivacionais")
        {
            await Navigation.PushAsync(new Motivacionais(detalhes.Nome, detalhes.
Imagem));
        }
        else if (detalhes.Nome == "Otimismo")
        {
            await Navigation.PushAsync(new Otimismo(detalhes.Nome, detalhes.
Imagem));
        }
        else if (detalhes.Nome == "Perseveranca")
        {
            await Navigation.PushAsync(new Perseveranca(detalhes.Nome, detalhes.
Imagem));
        }
        else if (detalhes.Nome == "Reflexao")
        {
            await Navigation.PushAsync(new Reflexao(detalhes.Nome, detalhes.
Imagem));
        }
    }
}
```



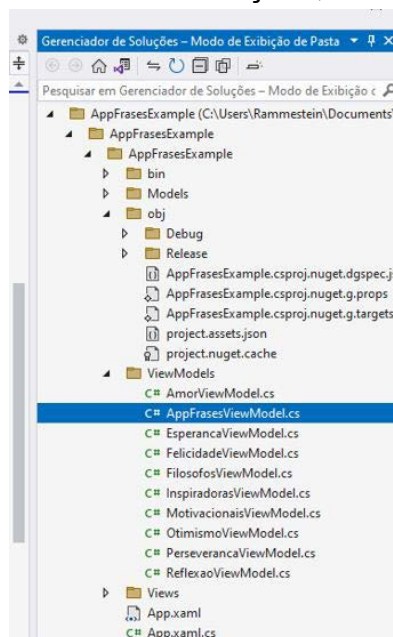
Com Resultado, temos:



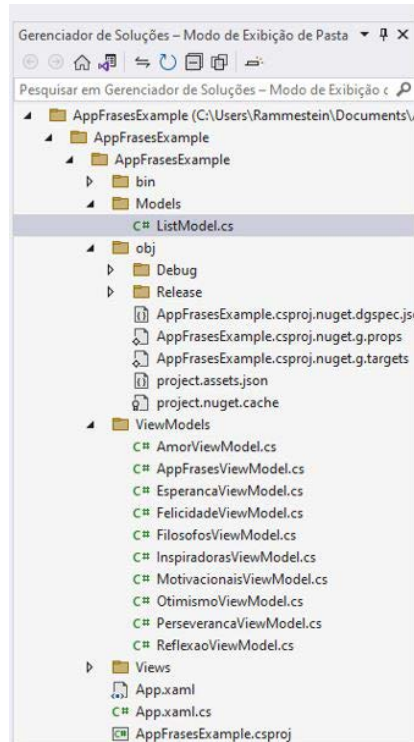
A emulação pode ser obtida através da plataforma Xamarin Forms ou de um emulador de apk para desktop.

## ViewModel, primeira tela

Já o ViewModel no gerenciador de soluções, tem a seguinte aparência:



Será necessário concomitantemente o Models e ListModels, a seguir:



Com o código fonte do ListModel, dado a seguir na tela esquerda:

namespace XF\_ListViewDetails\_MVVM.Models

```
{
    public class ListModel
    {
        public string Nome { get; set; }
        public string Name { get; set; }
        public string Imagem { get; set; }
    }
}
```

Com a tela à esquerda, o código fonte é:

Primeiramente, chama-se as bibliotecas.

```
using System.Collections.ObjectModel;
```

```
using XF_ListViewDetails_MVVM.Models;
```

A introdução do Código com namespace, public class, public ObservableCollection<ListModel>, o ListModel chama as funções da pasta Model, Name, Nome e Imagem. Através da construção do código desta fase, o ObservableCollection<ListModel>() é chamado novamente por Frases=, após isso tem-se o frases.Add(new ListModel{ onde se

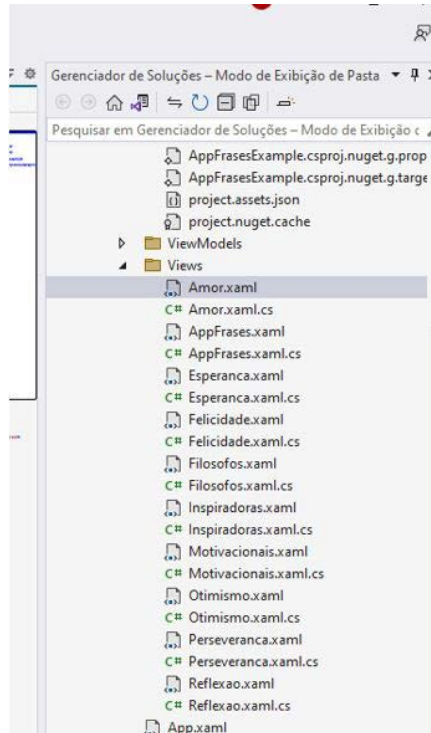
chama a função Nome e Imagem que são as strings, através de {get, set}.Essas funções são vinculadas no Views no AppFrases.xaml, através de await Navigation.PushAsync, para abrir a nova tela.

```
namespace XF_ListViewDetails_MVVM.ViewModels
{
    public class AppFrasesViewModel
    {
        public ObservableCollection<ListModel> Frases { get; set; }
        public AppFrasesViewModel()
        {
            Frases = new ObservableCollection<ListModel>();
            Frases.Add(new ListModel
            {
                Nome = "Amor",
                Imagem = "ideia.jpg",
            });
            Frases.Add(new ListModel
            {
                Nome = "Esperanca",
                Imagem = "ideia.jpg",
            });
            Frases.Add(new ListModel
            {
                Nome = "Felicidade",
                Imagem = "ideia.jpg",
            });
            Frases.Add(new ListModel
            {
                Nome = "Inspiradoras",
                Imagem = "ideia.jpg",
            });
        }
    }
}
```

```
Frases.Add(new ListModel
{
    Nome = "Motivacionais",
    Imagem = "ideia.jpg",
});
Frases.Add(new ListModel
{
    Nome = "Otimismo",
    Imagem = "ideia.jpg",
});
Frases.Add(new ListModel
{
    Nome = "Perseveranca",
    Imagem = "ideia.jpg",
});
Frases.Add(new ListModel
{
    Nome = "Reflexao",
    Imagem = "ideia.jpg",
});
}
}
}
```

## Views, segunda tela

Basicamente o aplicativo já está construído e agora a necessidade é a *screen* das frases, no gerenciador de soluções, em *Views*, a seguinte *screen*:



Consideremos *Amor.xaml*, quando você cria o Xamarin Forms já cria o *Amor.xaml.cs*, a publicação deste artigo é fato relevante pela simplicidade que criando um código de determinada *screen*, de determinado string, como *Amor*, depois é só replicar para todo o código fonte, para as outras strings do Nome, sendo necessário somente mudar a imagem, e fato notável da procura por tais aplicativos nas stores, outro fato que praticamente poucos pensam em produzir aplicações nas stores e outro fato é achar o caminho certo para desenvolver e conseguir uma aplicação popular com milhares ou milhões de instalações.

Com o seguinte código:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
```

```
<ContentPage xmlns="http://xamarin.com/schemas/2014/forms"
```

```
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
```

```
    xmlns:d="http://xamarin.com/schemas/2014/forms/design"
```

```
    xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
```

```
    xmlns:controls="clr-
```

```
        namespace:ImageCircle.Forms.Plugin.Abstractions;assembly=ImageCircle.Forms.Plugin"
```

```
        mc:Ignorable="d"
```

```
        x:Class="XF_ListViewDetails_MVVM.Views.Amor"
```

```

        Title="Amor"
        BackgroundColor="#6FCF97">
<ContentPage.Content>
    <Grid Padding="10">
        <Frame CornerRadius="10" HasShadow="True">
            <StackLayout Orientation="Horizontal">
                <StackLayout VerticalOptions="Center" >
                    <controls:CircleImage
                        HeightRequest="75"
                        WidthRequest="75"
                        HorizontalOptions="CenterAndExpand"
                        VerticalOptions="CenterAndExpand"
                        Aspect="AspectFill"
                        Grid.RowSpan="2"
                        Source="ideia.jpg"/>
                    <Label Grid.Column="1"
                        Text="Frases"
                        FontSize="Medium"
                        HorizontalOptions="CenterAndExpand"
                        VerticalOptions="CenterAndExpand"
                        TextColor="Black"/>
                <ListView ItemsSource="{Binding Frases}"
                    x:Name="ProductListView"
                    CachingStrategy="RecycleElement"
                    HasUnevenRows="True"
                    SeparatorColor="Blue"
                    SeparatorVisibility="None">
                    <ListView.ItemTemplate>
                        <DataTemplate>
                            <ViewCell>

```

```

<Grid Padding="10">
  <Frame CornerRadius="10" HasShadow="True">
    <StackLayout Orientation="Horizontal">
      <StackLayout VerticalOptions="Center" >
        <Label Grid.Column="1"
          Text="{Binding Name}"
          FontSize="Medium"
          TextColor="Black"
          HorizontalTextAlignment="Center"
          VerticalOptions="End"/>
        <StackLayout Margin="0,20,0,0" Orientation="Horizontal" Spacing="200">
          <Button x:Name="Button_Frases_Share"
            Text="Share"
            CornerRadius="20"
            BackgroundColor="#6FCF97"
            TextColor="Bisque"
            VerticalOptions="CenterAndExpand"
            Clicked="ButtonClicked"/>
          <StackLayout HorizontalOptions="FillAndExpand">
            <Button x:Name="Button_Frases_Copiar"
              Text="Copiar"
              CornerRadius="20"
              VerticalOptions="CenterAndExpand"
              HorizontalOptions="FillAndExpand"
              BackgroundColor="#6FCF97"
              TextColor="Bisque"/>
          </StackLayout>
        </StackLayout>
      </StackLayout>
    </StackLayout>
  </Frame>
</Grid>

```

```

</Frame>
</Grid>
</ViewCell>
</DataTemplate>
</ListView.ItemTemplate>
</ListView>
</StackLayout>
</StackLayout>
</Frame>
</Grid>
</ContentPage.Content>
</ContentPage>

```

No Amor.xaml.cs o código das execuções das funções do Xamarin Forms:

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Net.Http;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using Xamarin.Forms;
using Xamarin.Forms.Xaml;
using XF_ListViewDetails_MVVM.ViewModels;
using Xamarin.Essentials;
using XF_ListViewDetails_MVVM.Models;
namespace XF_ListViewDetails_MVVM.Views
{
    [XamlCompilation(XamlCompilationOptions.Compile)]
    public partial class Amor : ContentPage

```



```

{
    public Amor(string Nome, string Imagem)
    {

        InitializeComponent();

        BindingContext = new AmorViewModel();
    }

```

Aqui está o mais importante que faz o aplicativo ser tão procurado e baixado nas stores, o evento `async void ButtonClicked`, com as funções de botões de compartilhamentos de textos em todos aplicativos do smartphone e iphone. Realizado pelo `await Share`.

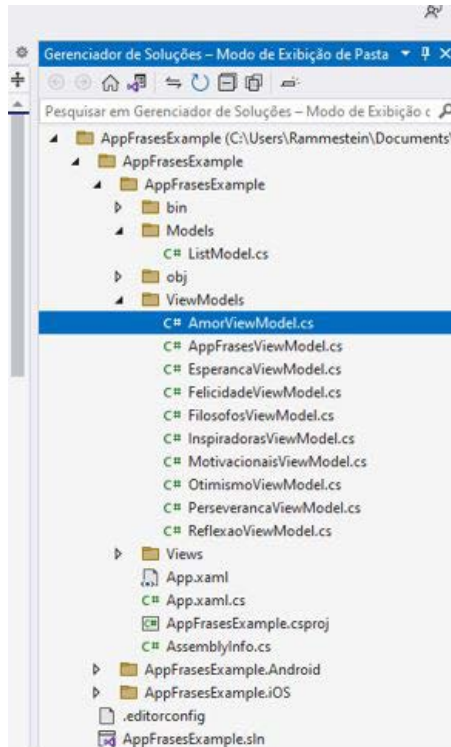
```

    async void ButtonClicked(object sender, System.EventArgs args)
    {
        var btn = (Button)sender;
        var item = (ListModel)btn.BindingContext;
        await CompartilharTexto(item.Name);
    }

    public async Task CompartilharTexto(string texto)
    {
        await Share.RequestAsync(new ShareTextRequest
        {
            Text = texto,
            Title = "Compartilhando Texto"
        });
    }
}

```

A ViewModels, do arquivo AmorViewModel.cs, no gerenciador de soluções é dada por:



Com o seguinte código:

```
namespace XF_ListViewDetails_MVVM.ViewModels
```

```
{
```

```
    public class AmorViewModel
```

```
    {
```

```
        public ObservableCollection<ListModel> Frases { get; set; }
```

```
        public AmorViewModel()
```

```
        {
```

```
            Frases = new ObservableCollection<ListModel>();
```

```
            Frases.Add(new ListModel
```

```
            {
```

```
                Name = "O amor não se vê com os olhos mas com o coração.- William Shakespeare",
```

```
            });
```

```
            Frases.Add(new ListModel
```

```
            {
```

```
                Name = "Amar não é olhar um para o outro, é olhar juntos na mesma direção. - Antoine de Saint-Exupéry",
```

```
});  
Frases.Add(new ListModel  
{  
    Name = "Como são sábios aqueles que se entregam às loucuras do amor!  
- Jo. CookeJo. Cooke ",  
});  
Frases.Add(new ListModel  
{  
    Name = "Vós, que sofreis, porque amais, amai ainda mais. Morrer de amor  
é viver dele. - Victor Hugo",  
});  
Frases.Add(new ListModel  
{  
    Name = "Nada é pequeno no amor. Quem espera as grandes ocasiões  
para provar a sua ternura não sabe amar. - Laure Conan",  
});  
Frases.Add(new ListModel  
{  
    Name = "A suprema felicidade da vida é ter a convicção de que somos  
amados. - Victor Hugo ",  
});  
Frases.Add(new ListModel  
{  
    Name = "O amor não se vê com os olhos mas com o coração.- William  
Shakespeare",  
});  
Frases.Add(new ListModel  
{  
    Name = "Amar não é olhar um para o outro, é olhar juntos na mesma  
direção. - Antoine de Saint-Exupéry",  
});  
Frases.Add(new ListModel
```

```

    {
        Name = "Como são sábios aqueles que se entregam às loucuras do amor!
- Jo. Cooke.Jo. Cooke ",
    });
    Frases.Add(new ListModel
    {
        Name = "Vós, que sofreis, porque amais, amai ainda mais. Morrer de amor
é viver dele. - Victor Hugo",
    });
    Frases.Add(new ListModel
    {
        Name = "Nada é pequeno no amor. Quem espera as grandes ocasiões
para provar a sua ternura não sabe amar. - Laure Conan",
    });
    Frases.Add(new ListModel
    {
        Name = "A suprema felicidade da vida é ter a convicção de que somos
amados. - Victor Hugo ",
    });
    }
}
}
}

```

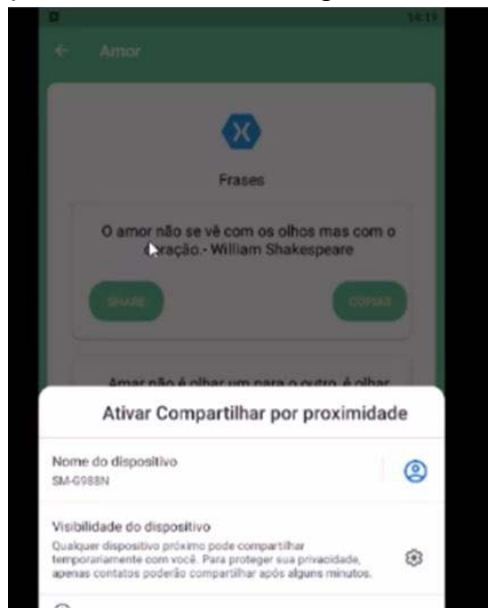
Que tem a seguinte saída no emulador:



A seguir os parâmetros em azul do gerenciador de soluções, podem ser consultados no Learn Microsoft Xamarin Forms, pois o artigo só é a discussão de códigos fontes de aplicativos que geram instalações em massa, os mais populares das *stores*, com explicação de maneira simplificada, sendo somente a demonstração do código fonte que estará disponível no meu *e-mail*. Contudo as modificações e atualizações do Xamarin Forms e Plataformas são sazonais e necessitam uma certa habilidade em se adaptar as mudanças, por isso a consulta do tutorial é fundamental para entendimento das funções da linguagem do Xamarin Forms C#.

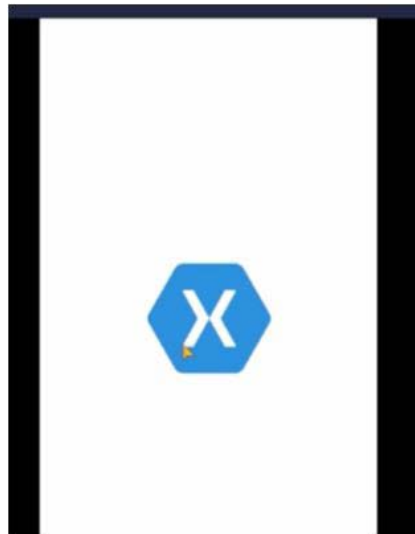
O aplicativo é simples, mas pela superioridade do Xamarin Forms em relação a outras plataformas, seu design possibilita um aplicativo mais limpo e mais agradável em sua visualização e aparência. Mas pode-se trabalhar com parâmetros, como centralização, altura e largura, dimensões da imagem, cores hexadecimais nas aplicações, notando o fato que em programas e sites online cria-se código para implementar dentro do código fonte cores e ícones personalizados com efeitos surrealistas para criar aplicações para determinados nichos. Um enriquecimento dos aplicativos, pode ser feito implementando o *NavigationBar*, Menu ou *Login*. Como também de colocar compras no aplicativo. Lembrando dos quesitos de direitos autorais de mídias e textos.

E a imagem do compartilhamento é da seguinte maneira:

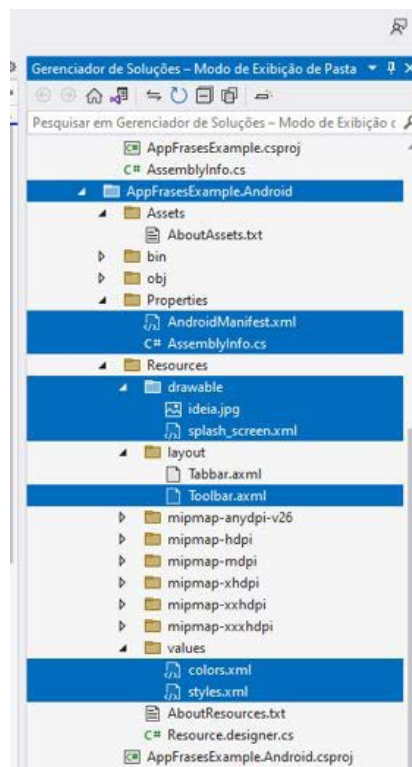


## Pasta Android e Pasta IOS, SplashScreen, Activity (Main e Splash), Resources (Drawable) e AndroidManifest

Uma coisa de interesse que não pode faltar é a tela inicial de SplashScreen, que no emulador temos a seguinte saída:



A seguir as seguintes pastas necessárias para a criação e finalização do projeto:



Nas pastas AppFrasesExample.Android, usamos o Drawable para inserir a imagem e o arquivo splash\_screen.xml e a imagem .jpg, fato observável que não precisa usar banco de dados de armazenamento em nuvem, temos no layout, também o Toolbar, na pasta values modificamos a cor.xml e o style.xml na Pasta Proprieties o Assemblyinfo.cs e o AndroidManifest.xml. A splashscreen.xml, está a seguir:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
```

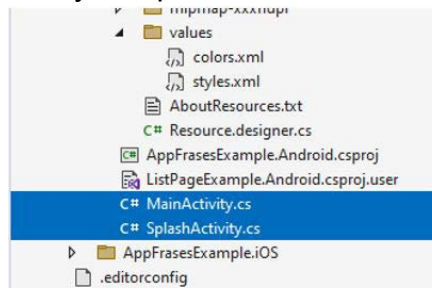
```
<layer-list xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android">
```

```

<item>
    <color android:color="@color/splash_background"/>
</item>
<item>
    <bitmap
        android:src="@drawable/ideia"
        android:tileMode="disabled"
        android:gravity="center"/>
</item>
</layer-list>

```

Invocado por SplashActivity.cs, que abre MainActivity.cs:



```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using Android.App;
using Android.Content;
using Android.OS;
using Android.Runtime;
using Android.Util;
using Android.Views;
using Android.Widget;
namespace ListPageExample.Droid
{
    [Activity(Theme = "@style/MyTheme.Splash", MainLauncher = true, NoHistory

```

```
= true)]
```

```

    public class SplashActivity : Activity
    {
        static readonly string TAG = "X:" + typeof(SplashActivity).Name;

        public override void OnCreate(Bundle savedInstanceState, PersistableBundle
persistentState)
        {
            base.OnCreate(savedInstanceState, persistentState);
            Log.Debug(TAG, "SplashActivity.OnCreate");
        }
        // Launches the startup task
        protected override void OnResume()
        {
            base.OnResume();
            Task startupWork = new Task(() => { SimulateStartup(); });
            startupWork.Start();
        }
        // Prevent the back button from canceling the startup process
        public override void OnBackPressed() { }
        // Simulates background work that happens behind the splash screen
        async void SimulateStartup()
        {
            Log.Debug(TAG, "Performing some startup work that takes a bit of time.");
            await Task.Delay(12000);

```

Basicamente aqui invoca o MainActivity.cs:

```

        Log.Debug(TAG, "Startup work is finished - starting MainActivity.");
        StartActivity(new Intent(Application.Context, typeof(MainActivity)));
    }
}
}

```



Observando que App.xaml e App.xaml.cs são necessários para formação para a inicialização do aplicativo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Basicamente, a intenção é mostrar a facilidade dos desenvolvimentos de software, enfatizando o Xamarin Forms pela sua praticidade e melhor design na saída da compilação no emulador e smartphone ou iphone. O código facilmente se converte para outras plataformas, visto que estamos em uma linguagem C# e em android studio usamos java. Para aplicativos de IOS, ou seja, da Apple Store para Iphones necessitamos de MAC, e simplesmente com os últimos tópicos em que foi selecionado a pasta AppFrasesExample. Android, basta selecionar AppFrasesExample.IOS, inserir o splash\_screen.xml e drawable necessário e compilar e emular, assim como as cores e styles.

Neste artigo apresenta-se o código fonte do aplicativo de frases que compartilham, posteriormente será publicado o de fotos que compartilham. Ressaltando a grande diversidade do código fonte em se diversificar em vários nichos de mercados consumidores e públicos diversificados uma maneira de atrair o público com possibilidade de monetização dos aplicativos através de publicidades, que recompensam através de clicks e duração de visualização da propaganda, com margem de pagamento dependendo dos nichos que determinadas empresas da vinculação do ads pagam e de determinadas regiões, dólar e euro, são mais valorizados, contudo moedas menos valorizadas tem menores concorrências de veiculação de mídia, ou, somente empresas locais, contudo multinacionais estão em todos os cantos do mundo, porém ads nestes países são mais empresas locais, nota que o ads em cada país tem seu mínimo de investimento, dependendo do país o retorno para o custo Brasil, pode ser pouco, porém aumenta o número de downloads e consolidação da loja na Store.

Portanto, aplicativos de frases são muitos rentáveis para o desenvolvimento de Software, códigos destes aplicativos que são básicos, ou de uma determinada função como leitor de pdf, editor de vídeos ou aplicativos de encontro, os dois primeiros precisam-se somente de uma função específica, o restante é o desing, como cores e NavigationBar e Menu. Já o aplicativo de encontros tem mais acitivities, porém necessita de firebase ou algum armazenamento em nuvem, possui telas e vinculações entre contas, contudo são nichos específicos com seus determinados públicos, o fator necessidade gera a procura nas lojas para o consumo se você quiser atuar em determinado público. O aplicativo de frases é um começo dos mais viáveis de se começar a publicar na stores pela procura dos usuários, fato simples que se realiza somente com as pastas Views, ViewsModels e Models.

## REFERÊNCIAS

[1]<https://learn.microsoft.com/pt-br/xamarin/xamarin-forms/enterprise-application-patterns/mvvm>

[2] Implantando a Governança de TI (4ª edição): Da estratégia à gestão de processos e serviços e-book Kindle por Aguinaldo Aragon Fernandes (Autor), Vladimir Ferraz de Abreu (Autor).

[3] Marketing Theory: A Student Text – Edição Inglês por Michael Baker (Autor, Editor), Michael Saren (Editor)

[4] <https://angrytools.com/android/button/>

# Aplicabilidade em Negociação Algorítmica, Blockchain e Inteligência Artificial

Emerson Antonio Freire Pavão

## RESUMO

A combinação de negociação algorítmica, blockchain e inteligência artificial tem sido objeto de intensa pesquisa e desenvolvimento nos últimos anos. A negociação algorítmica é um método de negociação financeira que utiliza algoritmos computacionais para executar transações no mercado de forma rápida e eficiente. O blockchain é uma tecnologia de registro distribuído que permite a criação de registros imutáveis e transparentes. A inteligência artificial é um campo da computação que se preocupa em desenvolver algoritmos e sistemas capazes de realizar tarefas que exigem inteligência humana, como reconhecimento de padrões, aprendizado de máquina e tomada de decisão. A combinação dessas três tecnologias pode ser extremamente poderosa para aprimorar a eficiência e transparência do mercado financeiro. A negociação algorítmica pode se beneficiar da segurança e transparência oferecidas pelo blockchain, ao mesmo tempo em que a inteligência artificial pode ser utilizada para melhorar os algoritmos de negociação. Diversos estudos têm sido realizados para avaliar o potencial dessa combinação. Segundo Bai e seus colegas (2021), a aplicação de blockchain na negociação algorítmica pode fornecer um ambiente de negociação mais transparente e seguro, além de permitir uma melhor supervisão regulatória. Já Aman *et al.* (2021) destacam o uso de inteligência artificial para prever tendências do mercado e auxiliar na tomada de decisões de negociação algorítmica. Outros autores, como Rehman e seu grupo (2019), enfatizam a importância da integração de blockchain e inteligência artificial para aprimorar a segurança e a eficiência do mercado financeiro. Eles propõem o uso de contratos inteligentes para automatizar a execução de transações financeiras, ao mesmo tempo em que a inteligência artificial pode ser utilizada para otimizar a seleção de estratégias de negociação algorítmica. De forma geral, a combinação de negociação algorítmica, blockchain e inteligência artificial pode trazer diversos benefícios ao mercado financeiro, como maior eficiência, transparência e segurança. No entanto, ainda há desafios a serem superados, como a regulação e a adoção em larga escala dessas tecnologias.

**Palavras-chave:** negociação algorítmica. blockchain. inteligência artificial

## ABSTRACT

The combination of algorithmic trading, blockchain and artificial intelligence has been the subject of intense research and development in recent



years. Algorithmic trading is a method of financial trading that uses computational algorithms to execute transactions in the market quickly and efficiently. Blockchain is a distributed ledger technology that enables the creation of immutable and transparent records. Artificial intelligence is a field of computing that is concerned with developing algorithms and systems capable of performing tasks that require human intelligence, such as pattern recognition, machine learning, and decision making. The combination of these three technologies can be extremely powerful in improving the efficiency and transparency of the financial market. Algorithmic trading can benefit from the security and transparency offered by blockchain, while artificial intelligence can be utilized to improve trading algorithms. Several studies have been conducted to evaluate the potential of this combination. According to Bai and his colleagues (2021), the application of blockchain in algorithmic trading can provide a more transparent and secure trading environment, as well as allow for better regulatory oversight. Aman *et al.* (2021) highlight the use of artificial intelligence to predict market trends and assist in algorithmic trading decision-making. Other authors, such as Rehman and his group (2019), emphasize the importance of integrating blockchain and artificial intelligence to enhance the security and efficiency of the financial market. They propose the use of smart contracts to automate the execution of financial transactions, while artificial intelligence can be utilized to optimize the selection of algorithmic trading strategies. In general, the combination of algorithmic trading, blockchain and artificial intelligence can bring several benefits to the financial market, such as greater efficiency, transparency and security. However, there are still challenges to overcome, such as regulation and large-scale adoption of these technologies.

**Keywords:** algorithmic negotiation. blockchain. artificial intelligence

## INTRODUÇÃO

A negociação algorítmica é uma estratégia de negociação que utiliza programas de computador para realizar operações financeiras de forma automatizada, buscando otimizar os resultados e reduzir os riscos. Já o blockchain é uma tecnologia de registro distribuído que permite a criação de um livro-razão imutável e transparente, garantindo a integridade e segurança das informações registradas. Por fim, a inteligência artificial (IA) é uma área da computação que busca criar sistemas capazes de realizar tarefas que, até então, requeriam a intervenção humana, utilizando técnicas como aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural. A combinação dessas três tecnologias - negociação algorítmica, blockchain e inteligência artificial - tem o potencial de revolucionar o mercado financeiro, proporcionando maior eficiência, transparência e segurança nas operações financeiras. Neste Paper, serão discutidas as possibilidades e desafios da combinação dessas tecnologias, buscando compreender como elas podem ser aplicadas em diferentes contextos. Para isso, serão utilizados como base diversos livros e artigos acadêmicos que abordam o tema. Dentre os livros selecionados, destaca-se “Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale”, de Ernie Chan (2013), que apresenta diversas estratégias de negociação algorítmica e suas justificativas teóricas e práticas. Além disso, serão utilizados os livros “Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps”, de Daniel Drescher (2017), que apresenta uma introdução clara e acessível sobre a tecnologia blockchain, e “Artificial Intelligence: A Modern Approach”, de Stuart Russell e Peter Norvig (2010), que é considerado uma referência na área de inteligência artificial.

Serão também considerados artigos acadêmicos, como “Blockchain: A Primer”, de Katherine Wu (2018), que apresenta uma introdução detalhada sobre a tecnologia blockchain e suas possíveis aplicações em diferentes setores, e “Machine Learning in Algorithmic Trading”, de Stefan Zohren, Stephen Roberts e Mark Ebden (2018), que discute o uso de técnicas de aprendizado de máquina na negociação algorítmica.

Ao longo deste Paper, será apresentada uma revisão de literatura sobre a combinação de negociação algorítmica, blockchain e inteligência artificial, buscando identificar as possibilidades e desafios dessa abordagem. Em seguida, serão discutidos casos práticos de aplicação dessas tecnologias, tanto no mercado financeiro como em outras áreas. Por fim, serão apresentadas as conclusões desta tese, destacando as principais contribuições e desafios da combinação dessas tecnologias e apontando possibilidades para futuras pesquisas.

## NEGOCIAÇÃO ALGORÍTMICA

A negociação algorítmica, também conhecida como “trading automatizado” ou “algorithmic trading”, é uma técnica de negociação que utiliza algoritmos matemáticos para tomar decisões de investimento. Segundo Carrion *et al.* (2018), a negociação algorítmica surgiu na década de 1970, com o desenvolvimento de modelos matemáticos para previsão de preços de ativos financeiros. Desde então, o uso de algoritmos na negociação vem se tornando cada vez mais comum, sendo responsável por uma grande parte do volume de negociações realizadas atualmente. Segundo Chan (2013, p. 3), a negociação algorítmica pode ser definida como “a aplicação de modelos matemáticos para a tomada de decisões de negociação, geralmente usando computadores de alta velocidade e acesso direto ao mercado”. Esse tipo de negociação é comumente utilizado em mercados financeiros, como a bolsa de valores, onde a velocidade e a eficiência na tomada de decisões são fundamentais para obter lucro.

De acordo com Tse e Viswanathan (2011), a negociação algorítmica permite a automação de estratégias de negociação, reduzindo a influência de fatores emocionais e aumentando a velocidade de execução das transações. No entanto, a negociação algorítmica também apresenta riscos, como a possibilidade de erros de programação, falhas técnicas e a amplificação de movimentos de mercado, como em situações de crise financeira. É importante que as empresas que utilizam esse tipo de negociação tenham uma gestão de riscos bem estruturada, como mencionado por Rachev *et al.* (2011). Além disso, a negociação algorítmica também pode ter impactos negativos na liquidez e na transparência dos mercados financeiros, como destacado por Kirilenko *et al.* (2015). Por isso, é importante que as regulamentações dos mercados financeiros considerem esses aspectos e busquem equilibrar a eficiência na negociação com a estabilidade e integridade dos mercados. Esses fatores são fundamentais para o sucesso na negociação em mercados financeiros. Uma das principais vantagens da negociação algorítmica é que ela permite que os investidores tomem decisões mais rápidas e precisas, sem as emoções humanas que podem influenciar a tomada de decisões. Além disso, a negociação algorítmica pode ser usada para executar estratégias complexas de negociação que seriam difíceis ou impossíveis de serem implementadas manualmente, estas estratégias complexas de negociação utilizando

Negociação Algorítmica envolvem a criação de algoritmos personalizados que podem detectar e executar negociações automaticamente. A seguir, são apresentados alguns exemplos de estratégias complexas de negociação utilizando Negociação Algorítmica:

- **Estratégia de Negociação de Pares:** essa estratégia envolve a negociação de dois ativos que têm uma correlação positiva ou negativa. O algoritmo de negociação é programado para comprar um ativo e vender o outro quando a correlação entre eles atinge um certo nível. Para mais informações, ver “Algorithmic Trading and DMA: An introduction to direct access trading strategies” de Barry Johnson, publicado em 2010, p. 173.
- **Estratégia de Negociação de Reversão à Média:** essa estratégia envolve a identificação de ativos que estão sobrecomprados ou sobrevendidos em relação à sua média histórica. O algoritmo de negociação é programado para comprar ativos que estão sobrevendidos e vender ativos que estão sobrecomprados. Para mais informações, ver “Quantitative Trading: How to Build Your Own Algorithmic Trading Business” de Ernest P. Chan, publicado em 2008, p. 80.
- **Estratégia de Negociação de Volatilidade:** essa estratégia envolve a negociação de ativos que têm uma volatilidade alta ou baixa. O algoritmo de negociação é programado para comprar ativos com baixa volatilidade e vender ativos com alta volatilidade. Para mais informações, ver “Inside the Black Box: A Simple Guide to Quantitative and High Frequency Trading” de Rishi K. Narang, publicado em 2009, p. 204.
- **Estratégia de Negociação de Momentum:** essa estratégia envolve a negociação de ativos que têm uma tendência forte. O algoritmo de negociação é programado para comprar ativos que estão subindo e vender ativos que estão caindo. Para mais informações, ver “Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale” de Ernest P. Chan, publicado em 2013, p. 66.

Esses exemplos demonstram que a Negociação Algorítmica pode ser uma ferramenta poderosa para a criação de estratégias complexas de negociação que podem ajudar os investidores a tomar decisões mais informadas e a maximizar seus lucros.

## BLOCKCHAIN

O blockchain é uma tecnologia de registro distribuído que permite a criação de um registro imutável de transações financeiras. Segundo Tapscott e Tapscott (2016, p. 3), “o blockchain é um registro digital de transações que é protegido por criptografia e é imutável, transparente e auditável”. De acordo com Swan (2015), a tecnologia Blockchain pode ser classificada em três tipos: público, privado e consórcio. O Blockchain público, como o nome sugere, é aberto a todos os participantes da rede e pode ser acessado por qualquer pessoa com uma conexão à Internet. Já o Blockchain privado é restrito a um grupo específico de usuários, enquanto o consórcio é uma combinação dos dois primeiros, onde um grupo de organizações compartilha um Blockchain privado. A aplicação mais comum da tecnologia Blockchain é no setor financeiro, principalmente com a criação da criptomoeda Bitcoin.

Mas, como destacado por Narayanan *et al.* (2016), a Blockchain também pode ser aplicada em outras áreas, como saúde, propriedade intelectual, logística e governança eletrônica.

Uma das principais vantagens do blockchain é que ele elimina a necessidade de intermediários em transações financeiras, como bancos e corretores. Isso pode reduzir significativamente os custos e aumentar a eficiência das transações financeiras. Outras fontes de informação sobre Blockchain pode ser encontrada, no livro “Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps” de Daniel Drescher (2018), na página 3: “O blockchain é um registro digital compartilhado, seguro e confiável, que é mantido por uma rede descentralizada de participantes”. Um livro que explora a aplicação de blockchain em finanças é “Blockchain and the Law: The Rule of Code” de Primavera De Filippi e Aaron Wright (2018). Na página 7, os autores definem blockchain como “uma tecnologia de registro distribuído que permite a criação de um registro imutável de transações entre pares”. Já o livro “Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World” de Don Tapscott e Alex Tapscott (2016), na página 7, apresenta uma definição um pouco mais técnica de blockchain: “O blockchain é uma estrutura de dados distribuída que permite que um conjunto de computadores mantenha um registro compartilhado e imutável de informações”. Outro livro interessante é “The Age of Cryptocurrency: How Bitcoin and Digital Money Are Challenging the Global Economic Order” de Paul Vigna e Michael J. Casey (2015), que explica na página 67 como o blockchain permite a criação de um registro imutável e seguro de transações financeiras. Além disso, vale mencionar o livro “Mastering Blockchain: Unlocking the Power of Cryptocurrencies, Smart Contracts, and Decentralized Applications” de Imran Bashir (2018), que apresenta uma visão mais aprofundada da tecnologia blockchain e suas aplicações em diversas áreas. Na página 1, o autor define blockchain como “uma estrutura de dados distribuída e imutável que é usada para registrar transações em uma rede descentralizada”.

Em suma, a definição de blockchain pode variar um pouco dependendo do autor e do contexto em que é discutida, mas a ideia central é que se trata de uma tecnologia de registro distribuído, seguro e imutável que pode ter diversas aplicações em diferentes setores.

## INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Inteligência artificial é um campo da ciência da computação que estuda a criação de sistemas que podem executar tarefas que normalmente requerem inteligência humana, como percepção visual, reconhecimento de voz, tomada de decisões e aprendizado. Essa tecnologia tem se desenvolvido rapidamente nas últimas décadas, com o aumento da capacidade de processamento, armazenamento e comunicação de dados.

Um livro importante sobre o assunto é “Artificial Intelligence: A Modern Approach” de Stuart Russell e Peter Norvig, publicado em 1995. O livro cobre os fundamentos da inteligência artificial, incluindo representação do conhecimento, raciocínio, aprendizado de máquina, percepção e ação.

Outro livro recomendado é “Deep Learning” de Ian Goodfellow, Yoshua Bengio e Aaron Courville, publicado em 2016. O livro aborda as técnicas de aprendizado profundo,

que são baseadas em redes neurais artificiais e são responsáveis por avanços significativos em áreas como reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural e jogos de estratégia.

Um terceiro livro relevante é “The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology” de Ray Kurzweil, publicado em 2005. O livro argumenta que a inteligência artificial e outras tecnologias emergentes levarão a uma singularidade tecnológica, um ponto em que a humanidade transcenderá suas limitações biológicas.

Além desses livros, há uma vasta literatura sobre inteligência artificial, incluindo periódicos acadêmicos, conferências e outros livros. Entre os autores de destaque na área estão Yann LeCun, Andrew Ng, Geoffrey Hinton e Demis Hassabis.

Segue alguns exemplos de aplicação de IA em finanças:

- **Detecção de Fraudes:** A utilização de algoritmos de Inteligência Artificial (IA) para análise de transações financeiras em tempo real tem se mostrado eficiente no combate a atividades fraudulentas. Por meio da análise de pontos de dados, como localização do usuário, histórico de transações e informações do dispositivo, algoritmos de aprendizado de máquina e sistemas baseados em regras podem detectar anomalias e padrões que indicam comportamento suspeito. Um exemplo prático é o sistema de detecção de fraudes utilizado pela PayPal, que utiliza tecnologias de IA para identificar atividades potencialmente fraudulentas. O sistema analisa as transações em tempo real, identifica anomalias e padrões e notifica a equipe de investigação de fraudes da empresa, para que possam bloquear a transação ou investigá-la mais profundamente. Como resultado, a quantidade de transações fraudulentas na rede da PayPal diminuiu significativamente, tornando a plataforma mais segura e protegida para seus usuários. Essa aplicação da IA na detecção de fraudes em transações financeiras pode ser vista como uma das possibilidades da combinação entre Negociação Algorítmica, Blockchain e Inteligência Artificial. A utilização dessas tecnologias em conjunto pode trazer maior segurança e transparência para transações financeiras, bem como agilidade e eficiência para os processos de negociação. Contudo, é importante ressaltar a necessidade de estudos e regulamentações que garantam a utilização ética e responsável dessas tecnologias.

- **Negociação algorítmica:** A inteligência artificial (IA) tem a capacidade de avaliar com precisão as tendências do mercado, tanto passado quanto presente, detectando padrões e prevendo preços futuros. Além disso, os algoritmos de IA podem realizar transações em tempo real, utilizando regras e condições pré-programadas, otimizando estratégias de investimento e maximizando os retornos dos investidores.

A aplicação da IA no mercado financeiro traz benefícios significativos para instituições financeiras e investidores, pois permite a tomada de decisões baseadas em dados e oferece uma vantagem competitiva em um mercado cada vez mais acirrado. Com a capacidade de processar grandes quantidades de dados em tempo real, a IA pode identificar oportunidades de investimento que um trader humano talvez não identificasse, além de ajudar a mitigar o risco de investimentos.

Segundo Elkins e Soltani (2021), a IA está se tornando cada vez mais presente na negociação de ativos financeiros, sendo utilizada para prever flutuações de preços e



identificar padrões de mercado. Por exemplo, a BlackRock, maior gestora de ativos do mundo, utiliza a IA em seus fundos de investimento para ajudar a identificar oportunidades de investimento.

Em resumo, a combinação da inteligência artificial com a negociação algorítmica permite que instituições financeiras e investidores tomem decisões informadas e precisas, otimizem estratégias de investimento e maximizem retornos. A IA oferece a capacidade de analisar grandes quantidades de dados em tempo real, detectar padrões de mercado e identificar oportunidades de investimento que seriam difíceis de identificar com métodos de análise tradicionais.

- **Gestão de Risco:** A inteligência artificial é capaz de identificar riscos e prever cenários futuros a partir da análise de dados financeiros complexos, permitindo que instituições financeiras tomem decisões bem informadas. A plataforma Aladdin da BlackRock é um exemplo de gerenciamento de riscos usando IA combinando algoritmos de aprendizado de máquina para analisar grandes volumes de dados financeiros. Com a capacidade de examinar fatores como volatilidade do mercado e risco de crédito, a Aladdin ajuda os gestores de investimentos a monitorar e gerenciar riscos em tempo real, melhorando suas estratégias e reduzindo o risco de perdas.

- **Gerenciamento de Portfólio:** A IA pode ser usada para analisar dados financeiros e fornecer informações sobre tendências, riscos e oportunidades de investimento. Um exemplo é o robo-advisor Wealthfront, que combina a teoria do portfólio clássico e a IA para gerenciar portfólios de investimento personalizados para clientes. A plataforma reequilibra automaticamente os portfólios e monitora continuamente seu desempenho para garantir um gerenciamento eficaz. Muitos investidores escolhem o Wealthfront por causa do gerenciamento de portfólio alimentado por IA, que oferece planos de investimento personalizados e ideais.

- **Pontuação de crédito:** A IA é capaz de analisar históricos de crédito e outros dados financeiros para fornecer pontuações precisas de crédito, permitindo que os credores façam melhores decisões de empréstimo. A plataforma Zest Automated Machine Learning (ZAML) da ZestFinance é um exemplo de tecnologia que utiliza a IA para analisar fatores de risco de crédito e fornecer pontuações de crédito mais precisas, reduzindo o risco de inadimplência.

- **Assessoria financeira personalizada:** Robo-advisors usam IA para fornecer aconselhamento financeiro personalizado e estratégias de investimento baseadas na situação financeira, metas e tolerância ao risco do cliente. O chatbot Erica do Bank of America usa IA para fornecer aconselhamento financeiro personalizado e automatizar tarefas de rotina.

- **Subscrição de seguros:** A IA é usada para fornecer uma subscrição precisa de seguro analisando informações demográficas, registros de saúde e histórico de condução. A Lemonade é um exemplo de empresa de insurtech que usa algoritmos de IA para avaliar sinistros e subscrever apólices de seguro.

- **Conformidade regulamentar:** A IA pode ajudar instituições financeiras a cumprir regulamentos complexos, detectando fraudes e garantindo a conformidade. O

ComplyAdvantage é um exemplo que utiliza algoritmos de IA para monitorar transações financeiras e identificar atividades de lavagem de dinheiro.

## COMBINAÇÃO DE NEGOCIAÇÃO ALGORÍTMICA E BLOCKCHAIN

A combinação da negociação algorítmica e do blockchain pode trazer várias vantagens para os investidores e para o mercado financeiro como um todo. Segundo Skoglund (2018, p. 5), “a negociação algorítmica pode ser combinada com o blockchain para criar uma plataforma de negociação descentralizada que é segura, eficiente e transparente”.

Ao usar algoritmos para tomar decisões de investimento e o blockchain para registrar essas transações, é possível criar um sistema mais eficiente e transparente de negociação financeira. Além disso, a combinação da negociação algorítmica e do blockchain pode ajudar a reduzir os riscos de fraude e manipulação de mercado, aumentando a confiança dos investidores.

Segundo a literatura especializada, a combinação de negociação algorítmica e blockchain pode ser utilizada para diversas finalidades. Em seu livro “Blockchain and Cryptocurrency: Principles, Methodologies, and Applications”, Chen *et al.* (2020) afirmam que a utilização de blockchain na negociação algorítmica pode garantir a integridade dos dados e transações, uma vez que todas as informações são registradas de forma imutável e transparente. Já em “Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale”, Chan (2013) afirma que a combinação dessas tecnologias pode trazer maior eficiência na execução de negociações e diminuição de custos.

Outro benefício da combinação de negociação algorítmica e blockchain é a possibilidade de criar contratos inteligentes. Em “Smart Contracts: The Essential Guide to Using Blockchain Smart Contracts for Cryptocurrency Exchange”, Martin *et al.* (2018) explicam que os contratos inteligentes são programas autônomos que se executam automaticamente quando certas condições são atingidas. Esses contratos podem ser utilizados para automatizar diversos processos de negociação, trazendo mais agilidade e segurança.

Além disso, a combinação de negociação algorítmica e blockchain pode trazer maior transparência nas negociações. Em “Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps”, Bauer *et al.* (2018) explicam que o blockchain permite que todas as transações sejam registradas de forma transparente e imutável, o que pode trazer maior confiança para os investidores e diminuição do risco de fraudes.

Porém, apesar dos benefícios, a combinação de negociação algorítmica e blockchain também apresenta desafios. Em “Blockchain for Business: A Practical Guide for Entrepreneurs and Professionals”, Narayanan *et al.* (2019) afirmam que um dos principais desafios é a interoperabilidade entre as diferentes plataformas de blockchain e sistemas de negociação algorítmica. Além disso, a complexidade técnica envolvida na implementação dessas tecnologias pode ser um obstáculo para algumas empresas.

Além disso, em um estudo recente de Ruan *et al.* (2020), foi apresentado um framework de negociação algorítmica baseado em blockchain que utiliza contratos

inteligentes para automatizar a negociação em um mercado descentralizado. O framework permite que os traders criem seus próprios algoritmos de negociação, que são executados automaticamente em cima dos contratos inteligentes na rede blockchain. Dessa forma, os traders podem implementar estratégias complexas de negociação com facilidade, enquanto a execução é garantida pela segurança e transparência do blockchain. Outro aspecto importante é a interoperabilidade entre diferentes blockchains, que pode permitir a combinação de negociação algorítmica em diferentes redes blockchain. Um exemplo disso é o protocolo PolyNetwork, que permite a transferência de ativos entre diferentes blockchains, possibilitando a execução de negociações algorítmicas em diferentes redes.

## COMBINAÇÃO DE NEGOCIAÇÃO ALGORÍTMICA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A negociação algorítmica e a inteligência artificial (IA) são duas áreas que vêm se destacando no mercado financeiro e têm despertado o interesse de investidores, traders e pesquisadores. A combinação dessas duas tecnologias tem sido alvo de estudos e pesquisas, principalmente no que se refere à criação de algoritmos cada vez mais complexos e eficientes para a tomada de decisão em operações financeiras.

A combinação da negociação algorítmica e inteligência artificial tem se mostrado promissora na busca por algoritmos cada vez mais eficientes na tomada de decisão em operações financeiras. Segundo Zhang *et al.* (2020), a aplicação da IA na negociação algorítmica pode ajudar a identificar padrões de comportamento do mercado financeiro e aperfeiçoar os algoritmos utilizados para a tomada de decisão.

No entanto, a combinação dessas tecnologias também apresenta desafios. Um dos principais é a questão da transparência e da interpretabilidade dos algoritmos utilizados. De acordo com Barredo *et al.* (2019), é importante que os algoritmos utilizados na negociação algorítmica sejam transparentes e possam ser interpretados pelos investidores e traders, de modo a garantir a confiança no processo de tomada de decisão.

Outro desafio é a questão da ética na utilização da inteligência artificial na negociação algorítmica. Segundo Scafuro *et al.* (2021), é importante que os algoritmos utilizados na negociação algorítmica sejam desenvolvidos de forma ética, considerando as implicações sociais e econômicas da sua utilização.

Alguns autores têm se dedicado a estudar a combinação da negociação algorítmica e inteligência artificial. Em seu livro “Algorithmic Trading and DMA: An introduction to direct access trading strategies” (2010), Johnson aborda o uso de algoritmos na negociação e os desafios da sua implementação. Já o livro “Artificial Intelligence for Trading: How to Build Smart Trading Systems” (2019), de Stefan Jansen, apresenta técnicas de IA para a construção de sistemas de negociação inteligentes.

Além disso, a revista “Journal of Artificial Intelligence Research” tem publicado diversos artigos sobre o uso da inteligência artificial na negociação algorítmica, como o trabalho de Gao *et al.* (2019), que propõe um modelo de aprendizado profundo para previsão do preço de ações. Vários estudos têm sido realizados para avaliar a efetividade

da combinação de negociação algorítmica e inteligência artificial. Em seu livro “Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale” (2013), Ernest Chan apresenta diversas estratégias de negociação algorítmica que utilizam técnicas de inteligência artificial, como redes neurais e algoritmos genéticos. O autor demonstra como essas técnicas podem ser usadas para melhorar a precisão das previsões e, conseqüentemente, aumentar a rentabilidade dos investimentos. Outro livro que aborda essa temática é “Artificial Intelligence in Financial Markets: Cutting Edge Applications for Risk Management, Portfolio Optimization and Economics” (2018), de Christian L. Dunis, Peter W. Middleton e Andreas Karathanasopolous. Nessa obra, os autores exploram diversas aplicações de inteligência artificial em finanças, incluindo a negociação algorítmica. Eles apresentam estudos de caso que demonstram como a utilização de técnicas de inteligência artificial pode melhorar a eficiência dos sistemas de negociação e otimizar a alocação de ativos.

Além disso, o livro “Advances in Financial Machine Learning” (2018), de Marcos López de Prado, apresenta técnicas avançadas de machine learning aplicadas à negociação algorítmica. O autor discute a importância da utilização de técnicas de machine learning que levem em consideração as particularidades do mercado financeiro, como a não-estacionariedade dos dados. Ele apresenta algoritmos que podem ser utilizados para a detecção de padrões em séries temporais financeiras, permitindo que investidores tomem decisões mais precisas.

Outro autor que contribui para essa área é Michael Halls-Moore, que em seu livro “Successful Algorithmic Trading” (2015) explora as estratégias de negociação algorítmica com o uso de técnicas de inteligência artificial. Ele apresenta um guia prático para a criação e implementação de estratégias de negociação algorítmica, com exemplos de código em Python. Halls-Moore discute a importância da utilização de algoritmos que se adaptem a mudanças no mercado e explora técnicas de machine learning para a tomada de decisão em tempo real.

Outra referência importante nessa área é o livro “Machine Learning for Algorithmic Trading: Predictive Models to Extract Signals from Market and Alternative Data for Systematic Trading Strategies with Python” (2020), de Stefan Jansen. Nessa obra, o autor explora diversas técnicas de machine learning que podem ser aplicadas à negociação algorítmica, incluindo a utilização de redes neurais e algoritmos genéticos. Jansen também discute a importância da utilização de fontes alternativas de dados, como dados de redes.

Portanto, a combinação de negociação algorítmica e inteligência artificial pode ser vista como uma oportunidade para desenvolver novas estratégias de negociação mais eficientes e lucrativas. Além disso, a utilização de blockchain como uma tecnologia de suporte para a negociação algorítmica pode aumentar a segurança e transparência das negociações, além de reduzir a necessidade de intermediários.

## **COMBINAÇÃO DE BLOCKCHAIN E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

A combinação de Blockchain e Inteligência Artificial é um campo emergente e promissor que tem recebido cada vez mais atenção nos últimos anos. A aplicação dessas tecnologias combinadas pode trazer benefícios em diversas áreas, desde finanças até saúde

e logística. Neste texto, serão apresentados alguns estudos e pesquisas que abordam essa temática.

Em seu livro “Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps”, Daniel Drescher explora a combinação de Blockchain e Inteligência Artificial. Na página 191, ele argumenta que a combinação dessas tecnologias pode permitir que dados sejam processados e analisados de forma mais rápida e precisa, permitindo a criação de soluções inovadoras em diversas áreas.

Já no livro “Blockchain for Business 2019: A User’s Guide to Blockchain and DLT”, de Jai Singh Arun e Jerry Cuomo, a combinação de Blockchain e Inteligência Artificial é abordada no capítulo 7, a partir da página 175. Os autores apresentam casos de uso de combinação dessas tecnologias em áreas como saúde, energia e supply chain, destacando a possibilidade de redução de custos e aumento de eficiência.

Outro autor que aborda essa temática é David Shrier, em seu livro “Token Economy: How the Web3 Reinvents Capitalism”. Na página 181, ele destaca que a combinação de Blockchain e Inteligência Artificial pode permitir a criação de modelos de negócio inovadores e disruptivos, com a possibilidade de automatizar processos e reduzir custos.

Em uma pesquisa publicada na revista “IEEE Access”, intitulada “Integrating Blockchain and Artificial Intelligence for Data Trading and Sharing”, os autores Jiafu Wan, Zibin Zheng e Athanasios V. Vasilakos exploram a combinação de Blockchain e Inteligência Artificial para compartilhamento e negociação de dados. Os autores argumentam que a combinação dessas tecnologias pode garantir a segurança e privacidade dos dados, além de permitir a criação de novos modelos de negócio.

Outra pesquisa que aborda essa temática é “Blockchain and Artificial Intelligence: The Future of Healthcare Information Systems”, publicada na revista “International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics”. Os autores, Nada Alshahrani e Mohammad Alzahrani, destacam que a combinação de Blockchain e Inteligência Artificial pode melhorar a eficiência e segurança dos sistemas de informação em saúde, além de permitir a criação de soluções inovadoras para diagnóstico e tratamento de doenças.

Por fim, vale mencionar o artigo “Combining Blockchain and Artificial Intelligence for Effective Decentralized Architectures”, publicado na revista “Frontiers in Blockchain”. Os autores, Amit Dhiman, Shikha Goyal e Pradeep Kumar, argumentam que a combinação de Blockchain e Inteligência Artificial pode permitir a criação de arquiteturas descentralizadas mais eficientes e seguras, com a possibilidade de melhorar a governança e transparência em diversas áreas.

Diversos estudos têm explorado essa combinação em áreas como finanças, saúde, logística e energia, demonstrando resultados positivos em termos de segurança, eficiência e redução de custos. No entanto, ainda existem desafios a serem superados, como a interoperabilidade entre diferentes blockchains e a necessidade de garantir a privacidade dos dados em ambientes distribuídos.

É importante destacar que a combinação de blockchain e inteligência artificial não é uma solução universal para todos os problemas, e que é necessário avaliar cuidadosamente

as características e requisitos de cada aplicação antes de decidir pela adoção dessa abordagem. Além disso, é preciso estar atento aos aspectos éticos e de responsabilidade envolvidos no uso de dados e algoritmos.

Portanto, a combinação de blockchain e inteligência artificial apresenta um potencial significativo para o desenvolvimento de soluções mais seguras e eficientes em diversas áreas, mas é necessário considerar cuidadosamente as implicações e desafios envolvidos em cada caso específico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada sobre a combinação de negociação algorítmica, blockchain e inteligência artificial obteve resultados interessantes, evidenciando a importância e as possibilidades dessa união para o mercado financeiro e outras áreas.

Em relação à negociação algorítmica, foi possível constatar que a utilização de algoritmos para tomada de decisões de investimentos é cada vez mais frequente e relevante, especialmente pela sua capacidade de processar grandes quantidades de dados em tempo real e identificar padrões que possam auxiliar na tomada de decisões. Autores como Chan (2013) e Lopez de Prado (2018) apresentam uma visão aprofundada sobre a negociação algorítmica, mostrando como ela pode ser aplicada em diferentes contextos e apresentando técnicas específicas.

No que diz respeito ao blockchain, a pesquisa indicou que a tecnologia tem se mostrado uma solução segura e transparente para diferentes processos financeiros, tais como pagamentos, transferências e armazenamento de dados. Autores como Swan (2015) e Narayanan *et al.* (2019) exploram as possibilidades do blockchain e seus impactos em diversas áreas, como finanças, saúde e logística.

Por fim, em relação à inteligência artificial, foi possível constatar que a combinação com a negociação algorítmica e o blockchain pode gerar resultados ainda mais precisos e eficientes. Autores como Russell e Norvig (2010) e Domingos (2018) apresentam uma visão ampla sobre a inteligência artificial, explorando desde seus fundamentos até as possibilidades mais avançadas da tecnologia.

Os resultados obtidos na pesquisa mostram que a combinação de negociação algorítmica, blockchain e inteligência artificial pode gerar impactos significativos em diversas áreas, incluindo finanças, saúde, logística e outras. O uso de algoritmos para a tomada de decisões, aliado à segurança e transparência do blockchain, e a capacidade de aprendizagem da inteligência artificial, podem gerar benefícios como redução de custos, aumento da eficiência e precisão, além de melhorias na experiência do usuário.

No entanto, é importante ressaltar que a utilização dessas tecnologias requer cuidados e conhecimentos específicos, visto que envolvem aspectos técnicos complexos e desafios regulatórios. Dessa forma, a pesquisa também indica a necessidade de um investimento em capacitação e desenvolvimento de habilidades para profissionais que atuam nessas áreas.

Em suma, a pesquisa realizada demonstra a relevância e as possibilidades da combinação de negociação algorítmica, blockchain e inteligência artificial para o mercado financeiro e outras áreas, evidenciando a importância de estudos e investimentos nesse sentido.

## REFERÊNCIAS:

9 exemplos de inteligência artificial em finanças disponível em: 9 examples of artificial intelligence in finance (cointelegraph.com)

Advances in Financial Machine Learning” (2018), de Marcos López de Prado.

Algorithmic Trading and DMA: An introduction to direct access trading strategies” (2010).

Artificial Intelligence for Trading: How to Build Smart Trading Systems” (2019).

Artificial Intelligence in Financial Markets: Cutting Edge Applications for Risk Management, Portfolio Optimization and Economics” (2016), de Christian L. Dunis, Peter W. Middleton e Andreas Karathanasopolous.

ARUN, Jai Singh; CUOMO, Jerry. Blockchain for Business 2019: A User’s Guide

Awan, M.J., Rahim, M.S.M., Nobanee, H., Munawar, A., Yasin, A. & Zain, A.M. (2021), ‘Social Media and Stock Market Prediction: A Big Data Approach’, Computers, Materials & Continua, vol. 67, no. 2, pp. 2569–2583.

Blockchain and the Law: The Rule of Code” de Primavera De Filippi e Aaron Wright, 2019.

Blockchain for Business 2019: A User’s Guide to Blockchain and DLT”, de Jai Singh Arun e Jerry.

BROOKS, C. Introductory econometrics for finance. Cambridge University Press, 2019.

Chan, Ernie. Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale. John Wiley & Sons, 2013.

CHEN, Y.; HE, X.; ZHANG, X. AI trading in the cryptocurrency market. arXiv preprint arXiv:1809.09190, 2018.

CHENG, W.; XU, Y.; ZHANG, Y.; YU, X. Machine learning for trading: a practical guide to using neural networks for forecasting and trading in the financial markets. John Wiley & Sons, 2021.

Convective Risk Flows in Commodity Futures Markets\* ING-HAW CHENG, ANDREI KIRILENKO and WEI XIONG, Tuck School of Business, Dartmouth College, Sloan School of Management, MIT, and Princeton University, 2014.

Deep Learning de Ian Goodfellow, Yoshua Bengio e Aaron Courville (2020).

Drescher , Daniel Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps.

DRESCHER, Daniel. Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps. Apress, 2018.

Drescher, Daniel. Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps. Apress, 2017.

Financial Models with Levy Processes and Volatility Clustering Por Svetlozar T. Rachev, Young Shin Kim, Michele L. Bianchi, Frank J. Fabozzi, 2011.

FRANCO, P. F.; UDDIN, G. S.; NG, W. K.; WANG, K. Intelligent trading systems: applying artificial intelligence to financial markets. Springer, 2020.

GOMES, João. Inteligência Artificial: a nova fronteira da ciência. Edições Sílabo, 2018.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. Deep Learning. MIT Press, 2016.

HAN, S.; SIO, U. H.; MA, Y. Advanced deep learning techniques for trading: deep neural networks, reinforcement learning, and long short-term memory networks. John Wiley & Sons, 2020.

KSHETRIMAYUM, R. S.; NGANGOM, R. S. Artificial Intelligence and Blockchain: The Future of Finance. In: 2019 2nd International Conference on Advances in Electronics, Computers and Communications (ICAEECC). IEEE, 2019. p. 1-6.

KURZWEIL, Ray. The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology. Penguin Books, 2005.

M. H. U. Rehman, C. S. Liew, T. Y. Wah, and M. K. Khan, "Towards next-generation heterogeneous mobile data stream mining applications: Opportunities, challenges, and future research directions," J. Netw. Comput. Appl., vol. 79, pp. 1–24, Feb. 2017. [53] M. H. U. Rehman, A. Batool, C. S. Liew, Y.-W. Teh, and A. U. R. Khan, "Execution models for mobile data analytics," IT Prof., vol. 19, no. 3, pp. 24–30, 2017.

Machine Learning for Algorithmic Trading: Predictive Models to Extract Signals from Market and Alternative Data for Systematic Trading Strategies with Python" (2020), de Stefan Jansen.

Machine Learning in Algorithmic Trading", de Stefan Zohren, Stephen Roberts e Mark Ebdon (2018).

Marcos López de Prado. Advances in Financial Machine Learning (English Edition) Artificial Intelligence: A Modern Approach", de Stuart Russell e Peter Norvig (2010).

"Mastering Blockchain: Unlocking the Power of Cryptocurrencies, Smart Contracts, and Decentralized Applications" de Imran Bashir (2020).

PAYPAL. Fraud Detection and Prevention. Disponível em: <https://www.paypal.com/us/webapps/mpp/paypal-safety-and-security>. Acesso em: 05 abr. 2023.

Russell, Stuart, and Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 2010.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 1995.

Swan, M. (2015) Blockchain: Blueprint for a New Economy. O'Reilly Media, Inc., Sebastopol.

TAPSCOTT, Alex; TAPSCOTT, Dan. Blockchain Revolution. São Paulo: Senai-SP, 2016.



Tapscott, D. e Tapscott, A. (2016) Blockchain Revolution.

The Age of Cryptocurrency: How Bitcoin and Digital Money Are Challenging the Global Economic Order” de Paul Vigna e Michael J. Casey (2015).

Wu, Katherine. “Blockchain: A Primer.” Harvard Business School, 2018.

ZHANG, Y.; ZHOU, X. Stock prediction using deep learning: a review and future directions. Neural Networks, v. 142, p. 412-422, 2021.

## Organizador

### **Adriano Mesquita Soares**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui MBA em Gestão Financeira e Controladoria pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais onde se graduou em Administração de Empresas (2008). É professor no ensino superior, ministrando aulas no curso de Administração da Faculdade Sagrada Família – FASF. É editor chefe na AYA Editora.

# Índice Remissivo

## A

abordagem 36, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 86, 87, 104, 105, 106, 113, 130  
aço 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30  
ambientalmente 112, 114  
ambiente de trabalho 12, 33  
análise 23, 26, 28  
aplicativo 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 54, 57, 159, 160, 161, 162, 163, 166, 173, 177, 181, 185  
atividade industrial 129  
automação 44, 48, 59, 60, 62, 67, 69, 70, 71

## B

benefícios 32, 34, 37, 68, 76, 81, 87, 91, 92, 100, 112, 113, 124  
biolubrificantes 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128

## C

cinemática 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54  
compatibilização 32, 35, 36, 38, 39, 40, 41  
compras 93, 125, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 181  
computacionais 33, 34, 37  
comunicação 11, 13, 17, 18, 20, 32, 72, 73, 75, 77, 79, 80, 84, 86, 87, 90, 91, 93, 101, 160  
conceito 33, 35, 36, 40  
concreto 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31  
construção 24, 26, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 74, 75, 79, 90, 91, 93, 94, 101, 160, 163, 170  
construção civil 32, 40, 42

## D

desenvolvimento 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 54, 57, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 90, 91, 97, 100, 103, 113, 122, 123, 126, 129, 130, 131, 133, 141, 144, 160, 161, 163, 185  
diagnósticos 11, 14, 15, 16, 20, 129  
dispersão 129

# E

empilhamento 129, 135  
empresa 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155  
empresas 32, 34, 35, 40, 42, 160, 185  
equipamentos 11, 12, 14, 17, 18, 20, 24, 64, 65, 102,  
103, 104, 111, 115, 127, 130, 138, 146  
estratégia 102, 160, 185  
estratégicos 148, 154  
estrutural 23, 24, 25, 28, 30  
evolução tecnológica 73, 130

# F

fechadura digital 72, 82, 84  
fechadura eletrônica 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80,  
81, 82, 83, 84, 86, 87  
ferramenta 33, 37, 38, 39, 40, 41  
ferramentas 33, 34, 36, 37  
fibra óptica 129, 130, 131, 132, 133, 135, 139, 141, 144,  
146

# G

gestão 32, 38, 40, 160, 185

# I

indústria 34, 43, 44, 54, 56, 59, 60, 61, 65, 67, 69, 70, 71,  
90, 101, 104, 112, 113, 115, 121, 122, 124, 127  
indústrias 59  
inovadora 72, 86  
instrumentação 129, 130, 131, 137, 140, 142  
internet 12, 13, 21, 22  
Internet 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22  
IoT 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22

# L

laje 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29

lajes 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31  
logística 129, 130, 132  
luz 129, 132, 133, 134, 135, 137, 139, 140, 141

## M

manufaturados 59  
manutenção 102, 103, 104, 106, 108, 109, 110, 111  
meio ambiente 112, 113, 114, 121, 122, 123, 124  
metalúrgica 59, 61, 65, 66, 70, 71  
metodologia 32, 33, 34, 37, 40  
metodológicos 102  
modelagem 32, 33, 37, 38, 40, 43, 44, 48, 56  
modernização 32  
monetização 159, 160, 185  
monitoramento 11, 13, 14, 15, 16, 20, 72, 73, 74, 75,  
76, 77, 78, 79, 80, 84, 86, 87, 104, 126, 130, 131,  
134

## O

organizacional 148, 149, 152, 154, 155, 160  
otimização 44, 77, 104, 105, 129, 143

## P

pesquisa 40, 49, 54, 58, 74, 75, 78, 90, 93, 94, 103, 104,  
105, 106, 112, 115, 119, 124, 140, 148, 150, 151,  
155, 156  
petróleo 112, 113, 114, 115, 116, 118, 122, 127  
planejamento 34, 43, 44, 51, 54  
procedimentos 91, 102, 103  
processo 24, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 70, 76,  
77, 80, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 100, 102, 103,  
104, 105, 106, 107, 108, 110, 113, 114, 115, 118,  
133, 136, 138, 139, 142, 143, 144, 148, 149, 150,  
151, 152, 153, 154, 155, 157, 158  
processo industrial 102, 105, 107  
produção 40, 59, 61, 62, 65, 67, 96, 102, 103, 105, 106,  
108, 109, 110, 111, 161  
produtividade 26, 45, 59, 65, 67  
produtos 31, 45, 59, 61

profissionais 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21  
projetos 24, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41  
publicidade 159, 160

## R

revolução 11, 12, 16, 20, 61, 62, 124  
robô 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 59, 60, 61, 62,  
63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70  
robôs 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67  
robotização 59, 67, 161

## S

saúde 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 114,  
123, 149  
segurança 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 63, 72, 73, 74,  
75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 114,  
116, 160  
sensores 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 45, 62, 63, 74,  
75, 76, 78, 79, 80, 83, 130, 131, 133, 135, 136, 137,  
144, 145, 146  
simpy 102  
simulação 44, 47, 49, 51, 52, 53, 57, 102, 103, 104,  
105, 106, 107, 108, 109, 110, 111  
sistema 5, 23, 25, 32, 33, 37, 41, 47, 56, 61, 62, 63, 65,  
72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86,  
87  
sistemas 26, 31, 33, 35  
sociedade 160, 161  
softwares 11, 20, 32, 33, 37, 40, 63  
sustentabilidade 98, 112

## T

tecnologia 11, 12, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 32, 33, 34, 35,  
36, 37, 40, 62, 72, 74, 75, 82, 90, 91, 92, 93, 95, 98,  
99, 100, 122, 130, 131, 138, 144, 145, 154  
tecnologias 32, 34, 37, 44, 45, 65, 66, 70, 71, 72, 75,  
76, 79, 80, 86  
tecnológica 11, 12, 14, 16, 20, 21, 58, 73, 127, 129,  
130  
tecnológicas 91, 129, 135  
tecnológico 33, 90, 100

tomadas de decisão 148, 149, 154  
trabalho 12, 14, 17

## V

viabilidade 43







**AYA EDITORA**  
**2023**