

**ISU-RESEARCH**  
VOLUME III, Nº 1, DEZ 2025

# **EXPLORANDO HORIZONTES CIENTÍFICOS EM ÁFRICA:**

ENGENHARIAS, TECNOLOGIAS,  
CIÊNCIAS, GESTÃO, EDUCAÇÃO  
E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL  
PELO ISUTC



INSTITUTO SUPERIOR  
DE TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

## FICHA TÉCNICA

---

### DIRECÇÃO DA REVISTA

#### Director

Prof. Doutor Alberto J. Bié

#### Revisor Editorial

Me. Danifo Chutumiá

### EQUIPA EDITORIAL

Prof. Doutor Alberto J. Bié

Me. Danifo Chutumia

### CONSELHO CIENTÍFICO

Prof. Doutor Alberto J. Bié

Me. Danifo Chutumia

Me. Rafael Mpfumo

Me. Eng.º Luis Olumene

Me. Eng.ª Anita Paixão

Me. Bionídio Banze

### EDIÇÃO E PROPRIEDADE

TRANSCOM/ISUTC

### DESIGN E MAQUETIZAÇÃO

Direcção de Marketing e Comunicação

## EDITORIAL

*Prezado(a) leitor(a)*

É com elevada satisfação que apresentamos o Volume 3, Número 1 (2025) da ISU-RESEARCH, revista científica do Instituto Superior de Transportes e Comunicações (ISUTC).

Esta edição reafirma o compromisso institucional com a produção, sistematização e disseminação do conhecimento científico, alinhando-se à missão do ISUTC de contribuir activamente para o desenvolvimento sustentável de Moçambique, por meio da investigação aplicada, da inovação tecnológica e da reflexão crítica sobre os desafios contemporâneos.

Os nove artigos aqui reunidos reflectem a diversidade de áreas de formação e investigação do ISUTC e de instituições parceiras, demonstrando a vitalidade da produção científica local e o seu potencial de impacto. Portanto, a força deste número reside na pluralidade das origens académicas dos autores e na variedade temática e metodológica.

O carácter interdisciplinar desta edição, que cruza áreas como Engenharia, Tecnologias de Informação e Comunicação, Educação, Saúde e Mudanças Climáticas. Esta diversidade não constitui apenas uma soma de temas, mas sim uma oportunidade de diálogo entre diferentes perspectivas, reforçando a missão da ISU-RESEARCH enquanto plataforma de convergência científica.

A Direcção da ISU-RESEARCH expressa o seu reconhecimento a todos os autores, revisores e membros da equipa editorial que contribuíram para a concretização deste volume.

Convidamos os/as leitores a explorar os artigos apresentados, esperando que estes inspirem novas investigações, debates académicos e aplicações práticas. Reafirmamos, por fim, o compromisso da ISU-RESEARCH em continuar a promover a investigação científica de qualidade, ao serviço do desenvolvimento de Moçambique.

Direcção Editorial ISU-RESEARCH.

## ÍNDICE

- 1. Sistema de recomendação nutricional personalizado baseado em Redes Neurais para optimização clínica no Hospital Provincial da Matola**  
Rafael Beto Mpfumo & Erasmo de Abreu – pág. 03
- 2. Design de um problema instrucional: dificuldades de estudantes universitários dos cursos de Engenharia na aplicação da Teoria dos Erros**  
Adriano R. Sacate, Alexandre F. Dambe, Inocente V. Mutimucuo, Marina Y. Kotchkareva – pág. 09
- 3. Proposta de implementação de um algoritmo de recrutamento e selecção de talentos com base em Inteligência Artificial. Caso de estudo: “CONTACT”**  
Rafael Beto Mpfumo e Hendrick Pacule – pág. 14
- 4. Estudo sobre hacking ético na prevenção de ciber-ataques: uma simulação de Phishing baseada em Nuvem para conscientização em Cibersegurança**  
Leandro Tito Manjate – pág. 21
- 5. Mapeamento das dificuldades de aprendizagem dos conceitos básicos de electricidade entre alunos da 11ª e 12ª classes em três Escolas Secundárias do sul de Moçambique**  
Alexandre F. Dambe, Inocente V. Mutimucuo, Adriano R. Sacate e Marina Y. Kotchkareva – pág. 26
- 6. Desenvolvimento de um aplicativo de recomendação de supervisores para PFC com base em Inteligência Artificial**  
Rafael Beto Mpfumo e Walter Conceição – pág. 36
- 7. Entre amostras mínimas e representatividade: uma análise estatística com base no inquérito de satisfação do ISUTC**  
Isac Ismael Quenchane Agy Ilal – pág. 39
- 8. Explorando a contribuição das experiências demonstrativas no ensino e aprendizagem dos conceitos do princípio de Acção –Reacção e o da Força de Atrito**  
Adriano R. Sacate e Inocente V. Mutimucuo – pág. 46
- 9. Análise de tendências em séries de precipitação na Bacia do Rio Lúrio com base em saídas do modelo GFDL**  
Manuel A.Malaze Júnior, Nordino M. Muaievela, Rita S. Manhiça – pág. 54



# Sistema de recomendação nutricional personalizado baseado em Redes Neurais para optimização clínica no Hospital Provincial da Matola

Rafael Beto Mpfumo & Erasmo de Abreu

Departamento de Tecnologias da Informação e Comunicação, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [rmphfumo@isutc.ac.mz](mailto:rmphfumo@isutc.ac.mz)

**Resumo** – A alta prevalência de desnutrição em Moçambique, exacerbada pelas limitações de recursos humanos em ambientes clínicos, impõe desafios significativos à recuperação de pacientes no Hospital Provincial da Matola (HPM). Este projecto visa desenvolver e validar um Sistema de Recomendação Nutricional (SRN) personalizado, utilizando Inteligência Artificial (IA) para classificação objectiva do estado nutricional, visando a optimização do tratamento.

Adoptando a Design Science Research (DSR), o SRN foi desenvolvido em uma arquitectura web de quatro camadas. O cerne é uma Rede Neural Artificial (RNA) Densa com arquitetura de 3 camadas (Input: 7, Hidden: 64, Output: 3), implementada com TensorFlow e Keras. O modelo foi treinado em um dataset de 1.000 registos simulados/fictícios de biomarcadores (1.000 registos sintéticos/gerados de biomarcadores (hemoglobina, ferritina, etc.), com divisão 80% de treino / 20% de validação. O algoritmo alcançou uma acurácia de validação média de 94,15%, demonstrando alta capacidade predictiva para classificação de deficiências nutricionais em condições controladas. A solução web automatiza a triagem nutricional, mitigando a dependência do profissional 24h/dia. O SRN desenvolvido é tecnicamente viável e representa uma inovação de aplicação local. A limitação principal: o modelo requer validação futura com dados clínicos reais do HPM para confirmar a generalização do desempenho.

**Palavras-chaves** - Inteligência Artificial; Sistemas de Recomendação; Nutrição Clínica; Redes Neurais Artificiais (RNA); Hospital Provincial da Matola.

## I. INTRODUÇÃO

A necessidade de adaptação e evolução tecnológica é constante, impulsionando o desenvolvimento de tecnologias que simplificam tarefas, economizam tempo e aumentam a eficiência. No contexto contemporâneo, as TICs desempenham um papel crucial na área da saúde. Problemas relacionados à nutrição são prevalentes globalmente, com taxas de desnutrição variando entre 20% e 50% em adultos hospitalizados (WHO, 2020; FAO, 2020). Em Moçambique, esse cenário é agravado por desafios socioeconómicos e organizacionais, com altos índices de desnutrição que pressionam o sistema de saúde pública (SETSAN, 2014).

Este projecto propõe a criação de uma plataforma para a personalização da orientação nutricional no Hospital Provincial da Matola (HPM). Com os avanços em Inteligência Artificial e Aprendizagem de Máquina, verifica-se a importância da utilização destas ferramentas para apoiar o diagnóstico de problemas de saúde (Garrow et al., 2001; Nguyen et al., 2017). A nutrição clínica, essencial para a

recuperação (Smith & Smith, 2019), enfrenta no HPM desafios de natureza tecnológica e organizacional, como a predominância de procedimentos manuais e a indisponibilidade contínua de nutricionistas.

A Inovação com IA: A Inteligência Artificial (IA), particularmente o Aprendizagem de Máquina (ML), oferece o potencial de automatizar e personalizar a assistência nutricional (Chen et al., 2021). Este projecto propõe o desenvolvimento de um Sistema de Recomendação Nutricional (SRN) no HPM, empregando TICs e ML para fornecer orientação nutricional específica e imediata, com base em indicadores biomarcadores do paciente. A contribuição reside na aplicação adaptada desta tecnologia a um contexto hospitalar moçambicano com recursos limitados.

Diante desses desafios, torna-se imperativa a implementação de um sistema web inovador e personalizado. O objetivo geral é desenvolver um SRN no HPM.

### 1.1 Objectivos Específicos do Projecto

- Desenvolver a arquitetura de uma Rede Neural Artificial Densa (RNA) para classificação do estado nutricional com base em biomarcadores.
- Validar a acurácia do modelo de IA usando dados sintéticos para comprovar a viabilidade técnica da solução (*Proof of Concept*).
- Implementar um protótipo web de baixo custo, integrado ao algoritmo, para triagem e recomendação nutricional imediata no ambiente hospitalar.
- Analisar criticamente a viabilidade de aplicação local e as limitações impostas pela natureza dos dados.

## II. REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO

### 2.1 IA e Sistemas de Recomendação em Nutrição Clínica

Sistemas de Recomendação (SR) utilizam filtragem colaborativa, baseada em conteúdo ou híbrida para fornecer sugestões (Henver et al., 2004). No domínio da saúde, o ML é cada vez mais usado em:

- **Diagnóstico e Classificação:** Modelos de ML são empregues para classificar o risco de desnutrição ou a adequação de dietas (Loheswaran et al., 2022; Santos et al., 2023).
- **Personalização Nutricional:** Sistemas predizem a resposta do paciente a intervenções dietéticas com base em biomarcadores e dados clínicos.

O presente trabalho foca-se na classificação do estado nutricional (Baixo/Normal/Alto) de biomarcadores através de uma Rede Neural Artificial (RNA), alinhando-se a estudos que

utilizam *ML* para triagem nutricional objectiva (Chen et al., 2021).

2.2 Sistemas Similares e Análise Comparativa

Para justificar a necessidade e a aplicabilidade da solução no Hospital Provincial da Matola (HPM), foi realizada uma análise comparativa de plataformas de recomendação nutricional existentes. Embora sejam tecnologicamente avançados, estes sistemas apresentam barreiras de implementação significativas no contexto moçambicano.

Tabela 1. Sistemas de recomendação nutricional similares.

Plataforma Similar	Foco Principal	Barreira para o HPM/Moçambique
<i>Nutrium (Software de Nutrição)</i>	Criação de planos detalhados, <i>tracking</i> de paciente e telemonitorização.	Alto custo de licenciamento por profissional; adaptação dietética a alimentos locais e regionais é complexa.
<i>Card Nutri (App)</i>	Educação alimentar e cálculo de valor nutricional de refeições.	Não possui funcionalidade de classificação de risco ou recomendação baseada em biomarcadores clínicos em tempo real.
<i>PROTEIN AI Advisor (Modelo ML)</i>	Recomendação otimizada de consumo proteico (IA).	Focado em mercados e <i>datasets</i> estrangeiros; falta de dados de treino local e barreira linguística.

O Sistema de Recomendação Nutricional (SRN) proposto neste projeto difere das soluções comerciais por ser uma solução de baixo custo, adaptada para lidar com dados de entrada, biomarcadores locais, e focada na classificação objetiva do nível de deficiência (Baixo/Normal/Alto). Esta abordagem prioriza a eficiência de triagem e a acessibilidade dentro do ambiente hospitalar.

III. METODOLOGIA

3.1 Metodologia de Desenvolvimento e Tipo de Investigação

Para esta pesquisa, foi utilizada a metodologia *Design Science Research* (DSR; Figura 1) (Henver et al., 2004), focada na criação de um artefato inovador para resolver um problema real no HPM. A *DSR* busca aprimorar as bases de conhecimento em tecnologia por meio da criação de artefatos que resolvem problemas e melhoram o ambiente em que são implementados. O uso do *DSR* é justificado por sua abordagem pragmática e orientada para a resolução de problemas reais.

A pesquisa, quanto à sua natureza, foi aplicada, e quanto à abordagem, foi mista (integrando dados quantitativos para o algoritmo e qualitativos para a análise de requisitos).

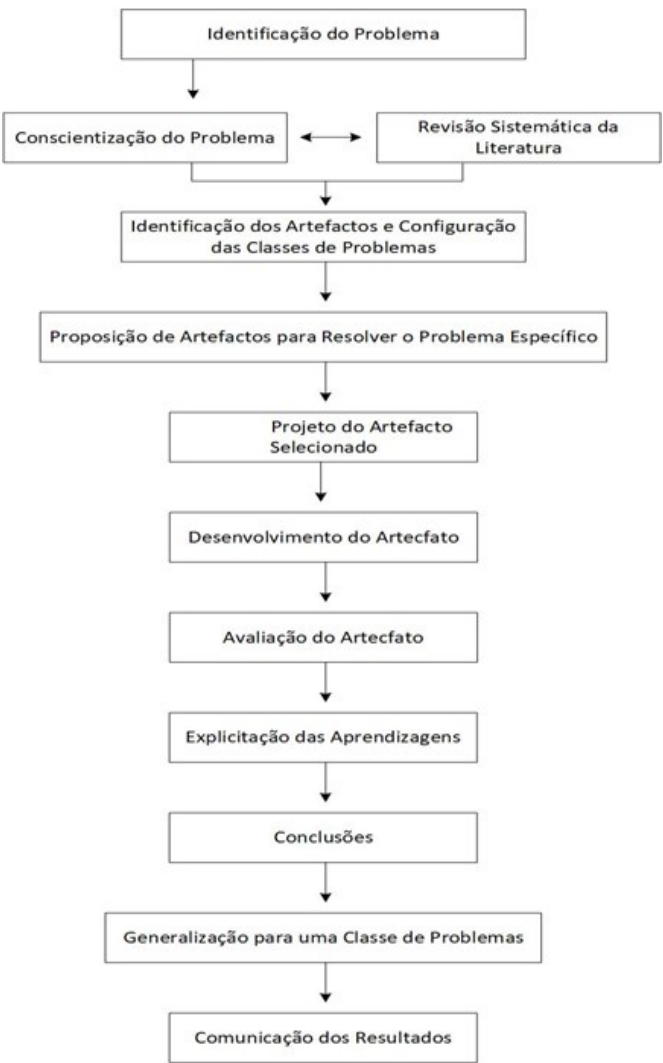


Figura 1. Ciclo de implementação da metodologia DSR (Fonte: Hevner et al., 2004).

3.2 Procedimentos utilizados para a recolha e análise dados

3.2.1 Análise documental e sistemas similares

Foram consultados artigos publicados e avaliados sistemas similares (*Nutrium*, *Card Nutri*, *PROTEIN AI Advisor*) para fundamentação e análise comparativa.

3.2.2 Entrevistas e questionários

Foram realizadas entrevistas com nutricionistas (2), enfermeiros (2), médicos (2) e doentes hospitalizados (4) no HPM. Estas entrevistas confirmaram as seguintes Lacunas Organizacionais e Tecnológicas que fundamentaram o design do SRN:As entrevistas com profissionais e pacientes do HPM confirmaram as seguintes lacunas:

- Organizacionais: Predominância de procedimentos manuais e falta de disponibilidade de nutricionistas 24h por dia;
- Tecnológicas: Inadequação de sistemas globais (como *Nutrium* e *Card Nutri*) devido a custos elevados e inadaptação dietética/linguística ao contexto moçambicano.

3.2.3 Técnicas de análise e tratamento de dados

Utilizaram-se a análise de discurso, análise de conteúdo e

análise temática para os dados qualitativos. Para os dados quantitativos, utilizaram-se o *Microsoft Excel* e as ferramentas de análise do *Python (Pandas e NumPy)*.

3.2.4 Ferramentas e Tecnologias utilizadas para o desenvolvimento

As ferramentas e tecnologias usadas no desenvolvimento da presente pesquisa e o seu propósito neste estudo, estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Ferramentas e tecnologias utilizadas

Função	Ferramentas Chave	Propósito no Projeto
Página Web/Front-end	HTML5, CSS3, JavaScript, Bootstrap	Desenvolvimento da interface responsiva (Camada de Apresentação).
Lógica/Back-end	PHP	Conexão com DB e execução da lógica de negócio e da API do algoritmo (Camada de Aplicação).
Algoritmo de IA	Python, Google Colab, TensorFlow, Keras	Criação, treinamento e teste da Rede Neural Artificial (RNA) Densa.
Armazenamento/BD	MySQL, XAMPP	Gestão de dados clínicos e execução local do sistema.

3.3 Arquitetura e Implementação do Algoritmo de IA

3.3.1 Conjunto de Dados e Pré-processamento Natureza dos Dados:

- **Natureza dos Dados:** Foram utilizados 1.000 registos sintéticos/gerados de pacientes, justificando-se pela ausência de um *dataset* clínico padronizado e anonimizado em Moçambique.
- **Variáveis de Entrada (Features):** Sete biomarcadores: Hemoglobina, Ferritina, Albumina, Vitamina B12, Vitamina D, Cálcio e Zinco.
- **Variável de Saída (Label):** Uma de três categorias (*one-hot encoded*): Baixo, Normal, Alto.
- **Pré-processamento:** Normalização dos dados para o intervalo [0, 1] (escalamento Min-Max) para garantir a estabilidade do treino da RNA.

3.3.2 Arquitetura da Rede Neural Artificial (RNA)

A RNA Densa foi seleccionada pela sua eficácia em problemas de classificação categórica. A tabela 3 representa os parâmetros de treinamento.

Tabela 3. Parâmetros de treinamento

Parâmetro	Detalhe	Justificativa Técnica
Divisão Dados	80% Treino / 20% Validação	Padrão para avaliar a generalização durante o treino.
Optimizador	Adam	Optimizador eficiente e robusto.
Função de Perda (Loss)	Categorical Crossentropy	Adequada para classificação multi-classe.
Métrica	Acurácia	Mede a proporção de previsões corretas.
Épocas (Epochs)	50	Número de iterações escolhido para otimizar o desempenho.

A Tabela 4 apresenta a arquitetura de camadas, neurónios e activações

Tabela 4: arquitetura de camadas.

Camada	Tipo	Unidades (Neurónios)	Função de Ativação
1 (Input)	Densa	7	ReLU
2 (Hidden)	Densa	64	ReLU
3 (Output)	Densa	3	Softmax

3.3.4 Testes de software

Foram realizadas provas unitárias (*unit tests*) para verificar a correcta funcionalidade dos métodos individuais de código. Testes de Integração/API foram essenciais para validar a comunicação entre o Backend (PHP) e o modelo de IA (TensorFlow/Python), garantindo que a inferência e a classificação eram executadas correta-mente. Adicionalmente, o Microsoft Edge Lighthouse foi utilizado para medir e auditar a performance do Front-end (web page quality).

Para a realização dos testes foi utilizado um computador com as seguintes características: Dell Inspiron 15 3000 com 16Gb de RAM, 512 SSD, placa gráfica RADEON.

IV. RESULTADOS

4.1 Lacunas do Processo Actual (Resultados da Análise Qualitativa)

As entrevistas confirmaram as seguintes lacunas no processo de recomendação nutricional no HPM:

- Existência de procedimentos manuais e *timing* de resposta lento;
- Falta de disponibilidade de nutricionistas 24h por dia.
- Não atendimento à necessidade nutricional específica de cada paciente, dificultando a recuperação.

A análise de sistemas similares justificou a necessidade de uma solução personalizada e eficiente para o HPM.

4.2 Especificação de Requisitos e Arquitetura

4.2.1 Requisitos Funcionais

O sistema foi concebido para atender a três actores principais, com foco na gestão de utentes, pacientes,

recomendações e diagnósticos (Tabela 5).

Tabela 5. Actores do sistema e suas permissões.

Requisito	Descrição	Actor
RF01	O sistema deve permitir gerir utilizadores	Administrador
RF02	O sistema deve permitir gerir pacientes	Administrador, Técnico, Médico
RF03	O sistema deve permitir gerir recomendações nutricionais	Administrador, Médico

Os *RNFs* suportados incluem: Performance (carregamento em  $\leq 5$  segundos), Compatibilidade (múltiplos *hardwares* e *browsers*), Segurança (autenticação e proteção de dados), Usabilidade (interface amigável) e Disponibilidade (approx 99,9%).

4.3 Modelo Arquitectónico

A solução resultou em uma aplicação *web* com quatro camadas, acessível via navegador:

- Camada Cliente: O navegador do utilizador;
- Camada de Apresentação: Interface visível (HTML/CSS/JS);
- Camada de Aplicação/Lógica: Onde residem as regras de negócio e a integração com o algoritmo de IA (PHP);
- Camada de Dados: Servidor de base de dados (MySQL).

A Figura 2 representa o modelo arquitectónico da solução proposta, seguida da legenda.

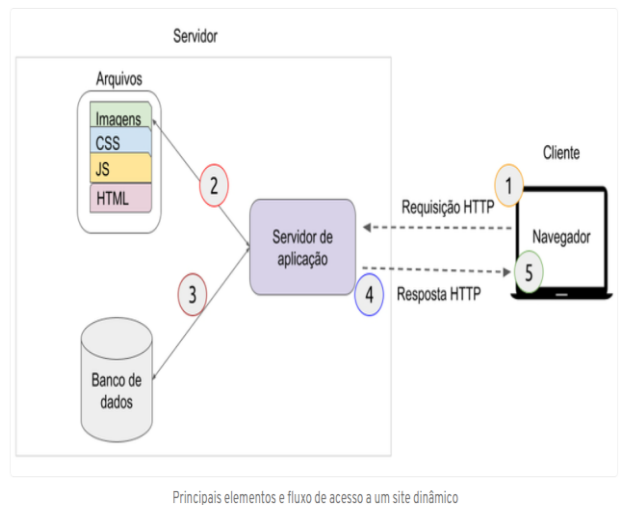


Figura 2. Modelo arquitetónico da solução.

Legenda nos números presentes na Figura 2::

- 1- A requisição é feita pelo cliente através do navegador.
- 2- O servidor interage com os arquivos (parte lógica) e com a base de dados.
- 3- O servidor interage com a base de dados.
- 4- Retorno da resposta.
- 5- Apresentação da resposta.

4.4. Treinamento do Algoritmo de IA

O modelo de RNA alcançou os seguintes resultados, essenciais para a validação técnica sob condições simuladas:

- Acurácia de Validação Média: 94.15% (variou entre 93,80% e 94,50%)
- Perda de Validação: 0.2060

Estes resultados confirmam a alta capacidade predictiva do modelo na classificação dos biomarcadores simulados.

4.5 Testes de Performance (*Lighthouse*)

Os testes de performance realizados com o *Lighthouse* confirmaram que a qualidade da página web está em conformidade com padrões de Performance, Acessibilidade e Melhores Práticas, garantindo uma experiência de utilizador rápida e funcional (Figura 3).

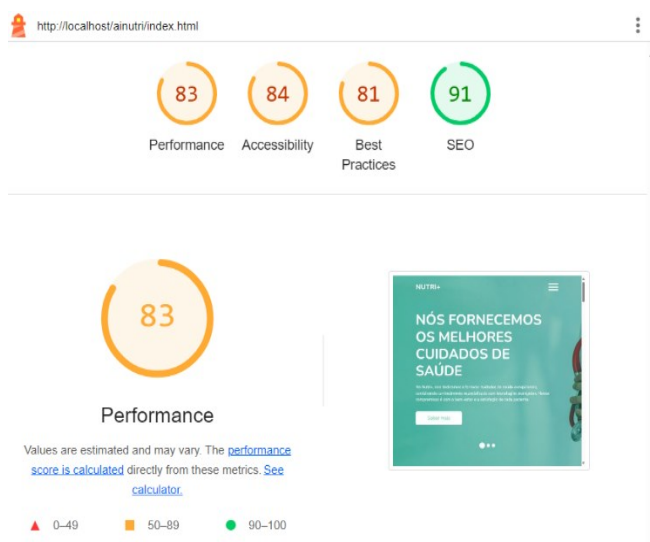


Figura 3. Resultados do teste de performance com a ferramenta *lighthouse*.

4.6. Interfaces do Usuário (Demonstração do Artefacto)

O sistema foi demonstrado através de interfaces *web* desenvolvidas em *PHP/HTML*, que incluem telas de *login*, gestão de pacientes e a página de teste do algoritmo. A *interface* mais relevante é onde o utilizador insere os dados dos biomarcadores e recebe o nível (Baixo, Normal, Alto) e a recomendação nutricional específica. Nas Figuras 4 a 9, estão representadas algumas telas dos usuários.



Figura 4. Página inicial do sistema.



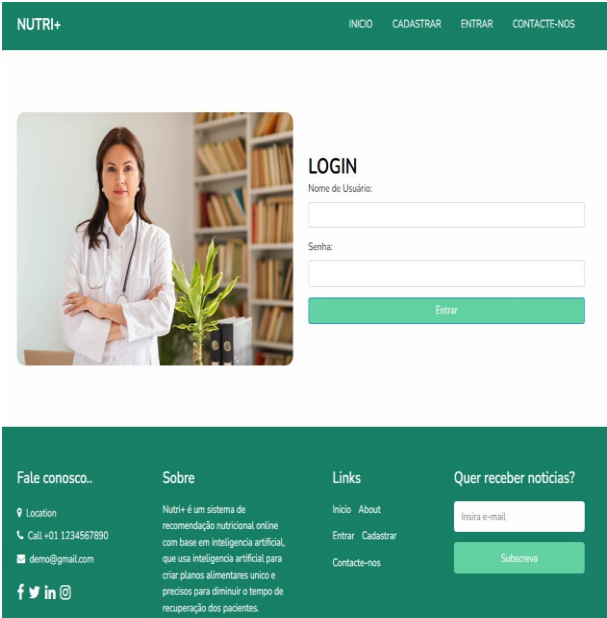


Figura 5. Ecra de login do sistema.



Figura 6. Página de gestão de pacientes.

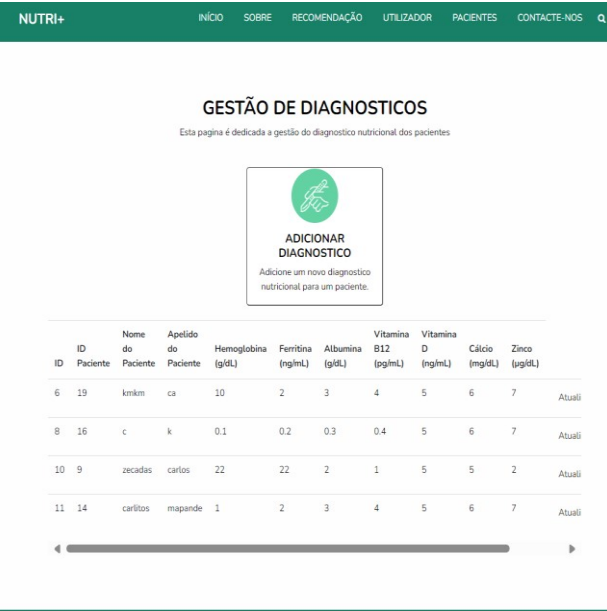


Figura 7. Página de gestão de diagnósticos.

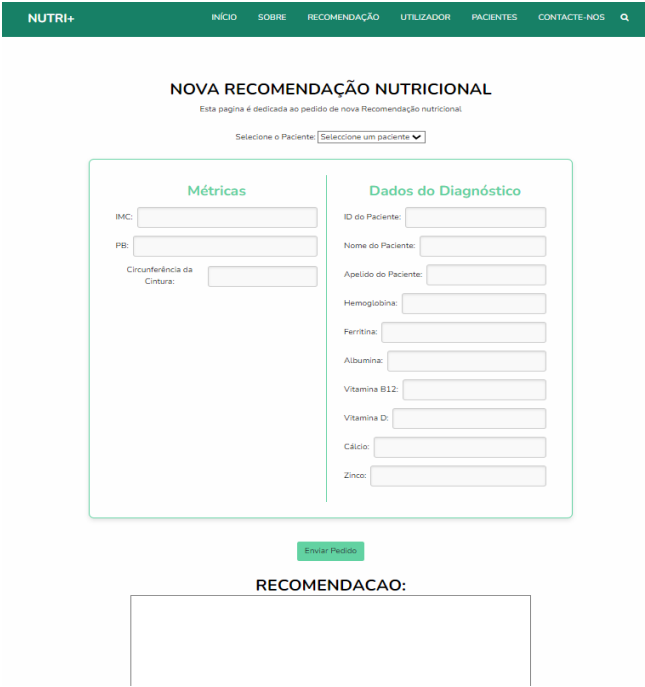


Figura 8. Página para inserção de características de pacientes, para posterior recomendação.

Inserir Dados Bioquímicos

Nome do Usuario: Erasmo Daniel Sitoe de Abr  
Hemoglobina: 80  
Ferritina: 22  
Albumina: 5  
Vitamina B12: 40  
Vitamina D: 60  
Calcio: 50  
Zinco: 20  
Enviar

Recomendacoes

- Para Hemoglobina (Alto): Evitar suplementos de ferro
- Para Ferritina (Baixo): Carne Vermelha, Frutos do Mar, Leguminosas
- Para Albumina (Normal): Manter uma dieta equilibrada
- Para Vitamina\_B12 (Baixo): Fígado, Peixe, Carne Vermelha
- Para Vitamina\_D (Alto): Reduzir exposição ao sol e suplementos
- Para Calcio (Alto): Reduzir consumo de laticínios
- Para Zinco (Baixo): Frutos do Mar, Carnes, Nozes

Figura 9. Tela de recomendação para um paciente.

V. DISCUSSÃO E IMPLICAÇÕES

O sistema desenvolvido representa uma transição crítica de procedimentos manuais, limitados pela falta de recursos 24h/dia, para um serviço de recomendação nutricional automatizado e individualizado.

A alta acurácia de validação (94,15%) do modelo de RNA demonstra que a IA é tecnicamente viável para classificar os níveis de biomarcadores dos pacientes, permitindo que a recomendação nutricional seja baseada em dados clínicos objetivos. O sucesso da RNA, mesmo com dados fictícios para treinamento inicial, sugere um potencial robusto para a aplicação em dados reais do HPM no futuro. A implementação da solução web no HPM tem a capacidade de:

- Reduzir erros e subjetividade nas recomendações;
- Optimizar o tempo dos profissionais de saúde, liberando-os para casos mais críticos;
- Melhorar a recuperação do paciente através de dietas

mais alinhadas às suas necessidades específicas.

- O diferencial de aplicação local é crucial. O SRN é de baixo custo e focado na triagem imediata, superando as barreiras de custo e adaptação dietética das soluções comerciais como *Nutrium* ou *Protein AI*.

## VI. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

A implementação de um Sistema de Recomendação Nutricional personalizado baseado em Inteligência Artificial para os pacientes do Hospital Provincial da Matola alcançou resultados significativos, comprovando a sua viabilidade técnica. O sistema é um protótipo funcional que integra algoritmos de RNA Densa e tecnologias *web* para fornecer recomendações nutricionais personalizadas.

### 6.1 Limitações e Perspectivas de Futuro

- **Limitação Principal (Dados Fictícios):** O algoritmo foi treinado com dados simulados. A generalização do modelo no ambiente clínico real não está confirmada sem testes em campo. As conclusões sobre a eficácia são limitadas a um ambiente de teste controlado;
- **Novidade Técnica:** A inovação reside na aplicação localizada e adaptada a Moçambique, e não na arquitetura da RNA, que é um modelo padrão na literatura.

Trabalhos Futuros deverão focar-se em:

1. Validação Clínica: Colaboração com o HPM para treinar e validar o modelo com dados clínicos reais e anonimizados, permitindo a implementação em produção;
2. Expansão da Arquitetura: Explorar modelos mais robustos, como Redes Neurais Recorrentes (RNN) ou modelos *Transformer*, para incluir dados de séries temporais (evolução histórica do paciente) e processamento de dados não-estruturados (notas clínicas) no processo de recomendação.

## REFERÊNCIAS

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020) *The State of Food Security and Nutrition in the World*. Rome.
- Garrow, J. S.; James, W. P. T.; Ralph, A. (2001). *Human Nutrition and Dietetics*. 10th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS quarterly*, vol. 28, 75-105.
- Loheswaran, S.; Isaza, S. J.; Sio, K. J. J.; Cohen, M. A.; Moore, L. S.; Marchessault, J. R. (2022). Machine learning for prediction of malnutrition in hospitalized patients *Scientific Reports*, vol. 12, no. 1, pp. 1-12.
- Nguyen, D. T., Cohen, E., Pourhomayoun, M., & Alshurafa, N. (2017, March). SwallowNet: Recurrent neural network detects and characterizes eating patterns. In 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (pp. 401-406).

Santos, A. S.; Antunes, L.; Correia, T. R.; Nabais, P.; Ferreira, L. (2023). A Machine Learning approach to predict nutritional status based on clinical biomarkers. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 172, art. 105011, 2023.

SETSAN (2014). *Relatório sobre a Segurança Alimentar e Nutricional em Moçambique*. Maputo: Secretaria Técnica de Segurança Alimentar e Nutricional.

Smith, J. and Smith, J. (2019). Impact of Malnutrition on Hospital Stay and Costs. *International Journal of Health Care*, vol. 35, no. 2, pp. 350-358, 2019.

World Health Organization (WHO). (2020) *Global Nutrition Report*. Geneva.

# Design de um problema instrucional: dificuldades de estudantes universitários dos cursos de Engenharia na aplicação da Teoria dos Erros

Adriano R. Sacate<sup>1,2</sup>, Alexandre F. Dambe<sup>1,2</sup>, Inocente V. Mutimucuo<sup>1</sup>, Marina Y. Kotchikareva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Educação, Universidade Eduardo Mondlane, Av. J. Nyerere, Campus Principal, UEM, Maputo, Moçambique

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Básicas, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [professorhamelane@gmail.com](mailto:professorhamelane@gmail.com)

**Resumo** – O artigo apresenta o estudo de um problema instrucional identificado no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Física I, leccionada para estudantes dos cursos de Engenharia numa instituição de Ensino Superior. O problema consiste na compreensão distorcida da Teoria dos Erros e nas dificuldades de aplicação dos seus conceitos aos cálculos das medições realizadas no laboratório. Para compreender a natureza desta dificuldade, recorreu-se ao Design Instrucional, aplicando-se a etapa de Análise do modelo seleccionado, que permitiu examinar o contexto da disciplina, o grupo de estudantes e as tarefas de aprendizagem associadas à Teoria dos Erros. Esta etapa confirmou que a origem da dificuldade é instrucional e não um simples sintoma transitório. Os resultados da análise revelaram uma discrepância significativa entre o desempenho esperado e o desempenho real dos estudantes, evidenciada em aspectos como a definição dos tipos de erro, os cálculos de erro absoluto e relativo, a escolha de métodos adequados para avaliação de erros e a interpretação dos resultados experimentais. A análise mostrou também factores contextuais que contribuem para a persistência do problema, incluindo o tempo reduzido dedicado à introdução da Teoria dos Erros, a heterogeneidade do grupo-alvo e fragilidades nos pré-requisitos matemáticos. As etapas seguintes do modelo, relativas ao desenho da estratégia, desenvolvimento de protótipos e avaliação, não foram abordadas neste estudo e ficam reservadas para trabalhos futuros.

**Palavras-chaves** - Design Instrucional, Dificuldades na aplicação de Teoria dos Erros, Ensino e Aprendizagem.

## I. INTRODUÇÃO

O artigo apresenta a proposta de solução de um problema encontrado no processo de ensino e aprendizagem com recurso a engenharia pedagógica, mais exacto, com as ideias de Design Instrucional e sua aplicação para análise e busca da solução para um problema instrucional que foi notado nas Aulas Laboratoriais no ensino e aprendizagem da disciplina de Física I numa instituição de Ensino Superior na Cidade de Maputo.

### 1.1 Design Instrucional como área de conhecimento.

Design Instrucional é uma área de conhecimento versátil e é uma ferramenta que permite solucionar diversos problemas no processo de ensino e aprendizagem, através de um processo sistemático e reflexivo de tradução de princípios de funcionamento da cognição humana e aprendizagem em planeamento de processo de ensino e aprendizagem. Os pilares de Design Instrucional são teorias filosóficas e psicológicas, começando de comportamentalismo de Skinner até pós-modernismo (Mendes, 2022; Ragan, 1999).

De acordo com Smith e Ragan (1999) existem mais de 40 modelos de Design Instrucional. Neste estudo usa-se o modelo genérico proposto por estes autores.

De acordo com este modelo, a abordagem da procura de solução inicia-se a partir da análise preliminar com vista a encontrar a solução intuitiva e preparar a base para o estudo detalhado do problema com base no modelo genérico [2].

A primeira etapa do modelo genérico é a etapa de Análise, onde faz-se o estudo exaustivo do contexto de aprendizagem, grupo alvo e tarefas de aprendizagem. No fim dessa etapa, normalmente, é produzido um relatório com a descrição detalhada do contexto, estudantes e outros itens relevantes. Nessa etapa, confirma-se a existência de um problema instrucional e possível proposta de uma solução intuitiva. O principal objectivo desta etapa é reunir toda a informação contextual e pedagógico-didáctica, bem como confirmar que o problema notado é realmente um problema instrucional e não é um sintoma de algum outro problema.

Tendo terminado essa etapa, passa-se para a segunda etapa que é a etapa de Estratégia. Nessa etapa faz-se o desenho e desenvolvimento de uma nova instrução para poder sanar o problema identificado na etapa de Análise. Também nessa etapa, produz-se o protótipo da solução, que será avaliado na terceira etapa, de Avaliação. A etapa de Avaliação inclui a avaliação formativa da proposta de solução do problema e melhoramento da mesma, se for necessário.

### 1.2 Teoria dos Erros como conteúdo da disciplina Física I.

A teoria dos erros é uma teoria que estuda os erros que ocorrem em medições experimentais e como interpretá-los. Toda a medição tem uma incerteza associada, que expressa o desvio do valor medido. É necessário representar matematicamente os efeitos que definem as quantidades (valor médio, desvio padrão, erro absoluto, erro relativo, etc.) calculadas pela estatística. Nenhum procedimento experimental na Ciência e Tecnologia é isento dos erros. Assim, o domínio de Teoria dos Erros é importante para o estudante de um curso de Engenharia, pois ele precisa de estimar e medir.

Este artigo resulta de uma tentativa de compreender e propor a solução para um problema que vem se manifestando desde há muito tempo nas aulas laboratoriais de Física I, leccionadas para os estudantes de vários cursos de Engenharia, no Ensino Superior. O problema tem relação com a expressão de grandezas medidas no laboratório e sua interpretação.

Foi percorrida uma etapa de acordo com o modelo de Smith e Ragan (1999), antecedida pela análise preliminar que trouxe ideia sobre a solução intuitiva do problema. A solução intuitiva não é fundamentada porque se baseia nas percepções iniciais dos docentes.

## II. METODOLOGIA

A metodologia adoptada neste estudo baseia-se nos princípios de Design Instrucional, seguindo o modelo genérico proposto por Smith e Ragan (1999). Embora o modelo completo inclua várias etapas sequenciais, tais como análise, estratégia, desenvolvimento e avaliação, neste artigo é explorada apenas a etapa de análise, por se tratar da fase que permite identificar e caracterizar o problema instrucional que motivou o estudo, bem como algumas sugestões sobre a segunda etapa.

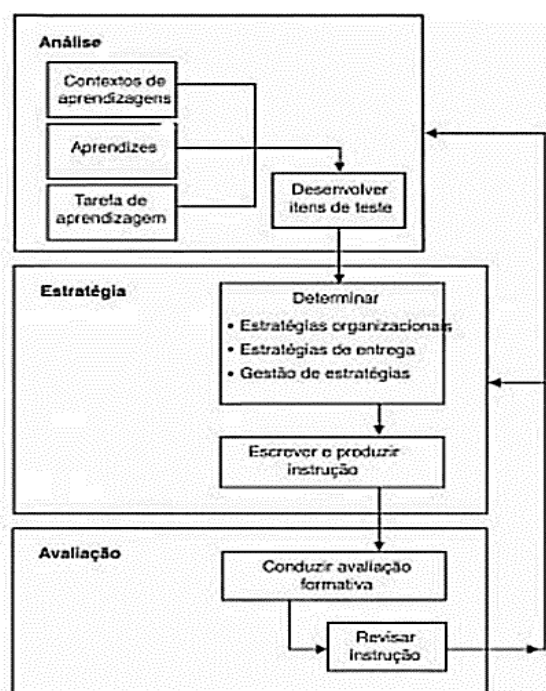


Figura 1. Modelo de Design Instrucional (adaptado de Smith e Ragan (1999)).

A escolha desta abordagem fundamenta-se no reconhecimento de que a análise constitui o elemento estruturante do processo de Design Instrucional. É nesta fase que se examinam o contexto de ensino, o grupo de estudantes e as tarefas de aprendizagem, permitindo determinar se as dificuldades observadas têm origem instrucional e quais os factores que contribuem para a sua persistência. Assim, a aplicação da etapa de análise possibilita reunir informação rigorosa que, no futuro, servirá de suporte para a elaboração de uma nova instrução ou de materiais de apoio. A análise preliminar foi realizada em três momentos. Primeiro, procurou-se confirmar se a dificuldade apresentada pelos estudantes correspondia de facto a um problema instrucional e não a um simples sintoma transitório. De seguida, identificaram-se os actores insatisfeitos e as percepções iniciais dos docentes acerca do problema. Por fim, registou-se a solução intuitiva inicialmente sugerida pelos docentes, a qual não foi fundamentada naquele momento por corresponder apenas a uma percepção anterior à análise sistemática. Depois da etapa preliminar, avançou-se para a análise formal. Nesta fase foram examinados três elementos centrais: (i) o contexto onde decorre a aprendizagem, incluindo a organização da disciplina, as características das aulas laboratoriais e as condições de trabalho; (ii) o grupo-alvo, considerando características académicas, pré-requisitos

e perfis de entrada dos estudantes; e (iii) as tarefas de aprendizagem associadas à Teoria dos Erros, com particular atenção à identificação das discrepâncias entre o desempenho esperado e o desempenho demonstrado pelos estudantes.

Os dados obtidos constituem os resultados apenas da primeira etapa do modelo de Design Instrucional. As etapas subsequentes, tais como, desenho da estratégia, desenvolvimento de protótipos e avaliação, não foram realizadas e poderão ser desenvolvidas em trabalhos futuros, com base nos resultados aqui obtidos.

## III. RESULTADOS

### 3.1 Análise preliminar ou identificação e definição do problema

Para efectivar a análise preliminar é preciso analisar três momentos:

#### a) Confirmação se é um problema ou sintoma do problema:

*Ao realizar a actividade de avaliação formativa nas aulas de Física I que consiste em apreciação do relatório e conversa com o estudante, constatou-se que os estudantes, mesmo depois da aprendizagem sobre a Teoria dos Erros, não dominam os conteúdos da Teoria dos Erros. Os estudantes não são capazes de fazer a aplicação da teoria e em algumas vezes mostram dificuldades na interpretação de conteúdos da teoria. Este facto foi notado ainda no início de funcionamento/abertura dos cursos e persiste até ao momento que este manuscrito foi submetido. Segundo vários modelos de Design Instrucional (Smith e Ragan, 1999), o período longo de manifestação do problema confirma que a origem do problema está no processo de ensino e aprendizagem.*

#### b) Quem vê isso como problema e quem está insatisfeito

*Na expectativa dos docentes da disciplina, os estudantes devem dominar os conteúdos da Teoria dos Erros, pois o conteúdo foi cuidadosamente apresentado nas aulas. Na prática, a maior parte dos estudantes tem insucesso de vários graus ao lidar com cálculos dos erros de medição de grandezas físicas. Portanto, a insatisfação vem do corpo docente.*

#### c) O problema e a solução intuitiva

*A análise preliminar poderá considerar uma nova instrução como a parte de solução. Esta é a solução intuitiva. Mas é necessário detalhar e argumentar essa solução. O que pode ser feito a partir da solução intuitiva? Por exemplo, utilização de novo material didáctico e introdução de novas técnicas de ensino da Teoria dos Erros na sala de aula. Outro exemplo, o leccionamento de Teoria dos Erros nas aulas teóricas, seguidas por repetição dos conteúdos pelos docentes nas aulas práticas e laboratoriais.*

### 3.2 Aplicação do modelo de Smith e Ragan para a solução do problema

#### 3.2.1 Etapa de Análise

##### a) Descrição do contexto



A disciplina de Física I é lecionada aos estudantes do 1º ano dos cursos de Engenharia. A disciplina oferece aos estudantes três (3) actividades diferentes: aulas teóricas, aulas práticas e aulas laboratoriais. São todas as actividades interligadas e complementares, pois tratam o conhecimento científico da mesma área sob os diferentes ângulos e nas diversas vertentes, como, por exemplo, factual e procedimental. O problema já foi confirmado na análise preliminar. Ao longo do processo de defesas (avaliação formativa) foi verificado o fraco domínio da Teoria dos Erros, por esses estudantes.

A disciplina de Física I faz parte de disciplinas de carácter geral. É leccionada no 1º semestre, i.e., logo após o ingresso ao Ensino Superior.

A disciplina é leccionada por Grupo de Docentes, encabeçado por um regente da cadeira. O regente lecciona aulas teóricas para todos cursos, os assistentes leccionam aulas práticas e laboratoriais. Apesar de ser dividida em três blocos, a disciplina possui uma continuidade, isto é., os assuntos teóricos são trazidos para aulas práticas e laboratoriais. No plano analítico é definido o objectivo geral: dominar os conceitos teóricos e a sua aplicação na prática.

As aulas teóricas têm uma duração de 2 horas por semana (h/s), as aulas práticas têm 2 h/s e aulas laboratoriais também 2 h/s. O problema em questão manifesta-se nas aulas laboratoriais.

O laboratório de Física I possui o equipamento necessário para execução de trabalhos previstos nos conteúdos de planos temáticos. O equipamento é operacional, isto é., funciona normalmente. Todas as experiências foram ensaiadas com antecedência pelos docentes e técnicos do laboratório.

Existe o plano de realização de trabalhos. Primeiras duas aulas laboratoriais são normalmente aulas de introdução, onde o professor dá a aula junto com técnicos do laboratório, faz a apresentação dos trabalhos e introduz noções elementares da Teoria dos Erros.

Esta actividade ocupa quatro (4) horas de tempo no total. A introdução da Teoria dos Erros é feita na forma de aula teórica, os estudantes são agentes passivos do processo de ensino, mas sempre têm possibilidades de colocarem perguntas ou dúvidas.

O professor explica os conteúdos, dá exemplos de cálculos e as vezes chama ao quadro um estudante para resolver um exercício de reforço.

A disciplina de Física I é uma das primeiras disciplinas que frequenta o estudante do novo ingresso. Em paralelo decorre o leccionamento da Matemática Geral, onde os estudantes obtêm conhecimentos gerais da matemática elementar e mais tarde limites e derivadas, na disciplina de Análise Matemática I. Sabe-se que para o sucesso na aprendizagem de Física é necessário dominar o formalismo matemático. Neste caso, as bases matemáticas ainda não são fortes e não há familiarização com métodos estatísticos.

### b) Análise do grupo alvo

O grupo alvo são estudantes que ingressam ao Ensino Superior depois de terem feito ensino pré-universitário geral, poucos são provenientes de ensino técnico.

São estudantes de várias províncias de Moçambique, com preparação anterior bastante diferente, com pré-conhecimentos diferentes, domínios e estilos cognitivos

diferentes. A idade dos estudantes oscila entre 18 e 30 anos, com tendência de diminuição da idade de ingresso para o ensino superior. Em termos de género, na actualidade existe a tendência de equilíbrio de género em alguns cursos. O número de estudantes por turma oscila entre 20 e 30. Para as aulas laboratoriais, o número que ultrapassa 20 estudantes considera-se excessivo e divide-se a turma em duas sub-turmas.

Para dominar com sucesso a Teoria dos Erros dentro dos conteúdos das aulas de Física I, os estudantes devem possuir alguma familiarização com conceitos de derivada e limite de funções; também devem saber fazer operações de logaritmização. Outros conceitos relevantes para o próprio cálculo são explicados pelo professor ao longo da aula. Em resumo, o aluno deve ter uma bagagem matemática forte, mas que não exceda os conhecimentos equiparados à 12ª classe.

### c) Análise de discrepâncias

O modelo de discrepância em Smith e Ragan (1999) destaca a disparidade entre “o que é” e “o que se quer”. A Tabela 1 serve de base para a análise das discrepâncias. Ela apresenta os levantamentos dos objectivos educacionais na sua forma consecutiva e demonstra a diferença entre aquilo que de facto os estudantes deveriam saber e o que eles sabem na realidade. As diferenças estão hierarquizadas. Os resultados confirmam a necessidade de uma nova instrução como parte da solução.

Tabela 1. Discrepância dos resultados da aprendizagem

RESULTADOS CORRENTES (o que é)	RESULTADOS DESEJADOS (o que deveria ser)
1. Dificuldade em definir erro sistemático e erro acidental e descrever a diferença entre eles.	1. Clara visão e boa capacidade de definição dos dois tipos de erros (sistemático e acidental), com fácil identificação de vias de minimização do erro sistemático.
2. Dificuldade na identificação de vias de minimização dos erros sistemáticos.	2. Fácil classificação de erros acidentais.
3. Dificuldade de classificar erros acidentais.	3. Definição correcta de erro absoluto e erro relativo.
4. Dificuldade em definir erro absoluto $\Delta x$ e erro relativo $\delta x$ e explicar a diferença entre os dois.	4. Compreensão clara das diferenças entre erro relativo e absoluto.
5. Dificuldade de escolha adequada do método para avaliação de erro	5. Escolha adequada do método para avaliação do erro: a) Nos casos de muitas repetições da mesma medição – método estatístico; b) Nos casos de poucas repetições – método de propagação do erro.
6. Dificuldade na interpretação dos erros absoluto e relativo, e sua relação com o resultado da medição: validade dos resultados da experiência, fiabilidade dos resultados.	6. Explicação clara e plausível sobre a influência de cada tipo de erro no resultado final. Avaliação válida e fiável dos resultados experimentais com base na análise do erro absoluto e relativo.
Ao escolher um dos métodos de avaliação de erro, procedimentos de cálculo	Procedimentos correctos nos cálculos após a identificação do método de cálculo do erro.

#### d) Sobre a etapa de Estratégia

A etapa de Estratégia constitui a fase seguinte do modelo de Design Instrucional e envolve um conjunto de decisões pedagógicas que definem de que forma a nova instrução deverá ser organizada, apresentada e trabalhada com os estudantes. No entanto, esta etapa não foi realizada no presente estudo, uma vez que o objectivo do artigo foi exclusivamente a identificação e caracterização do problema instrucional através da etapa de Análise. Para avançar para a Estratégia seria necessário dispor de informação adicional, nomeadamente: definição clara das competências a desenvolver, selecção dos meios instrucionais adequados, estruturação sequencial dos conteúdos e elaboração de actividades de aprendizagem coerentes com os resultados da análise.

Nesta fase, o docente assume um papel central, pois é ele quem irá conceber a futura instrução, seleccionar métodos de ensino apropriados, definir os momentos de prática guiada e decidir como será acompanhada a evolução dos estudantes. A etapa de Estratégia exige também tempo, coordenação entre docentes e validação das propostas antes da implementação.

Os resultados da etapa de Análise apontam elementos fundamentais para a futura etapa de Estratégia, nomeadamente a necessidade de melhorar a clareza na apresentação da Teoria dos Erros, reforçar o treino em cálculos experimentais e definir formas consistentes de envolver o estudante no processo de aprendizagem. Quando a Estratégia for desenvolvida, o docente continuará a desempenhar um papel central na verificação da assimilação dos conteúdos, recorrendo à avaliação formativa das aulas, como a defesa dos relatórios laboratoriais, que fornece *feedback* imediato sobre a compreensão dos estudantes.

#### IV. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados deste estudo correspondem à etapa de Análise do modelo de Smith e Ragan (1999), uma vez que o estudo não avançou para fases de desenvolvimento, protótipo ou implementação de uma nova instrução. A análise permitiu compreender com maior clareza a natureza do problema instrucional observado nas aulas laboratoriais de Física I.

Durante as actividades de avaliação formativa, verificou-se que os estudantes continuam a apresentar dificuldades acentuadas na aplicação da Teoria dos Erros, mesmo após terem tido contacto com os conteúdos nas aulas teóricas e laboratoriais. Estes resultados mostram que os estudantes não conseguem transferir a teoria para a prática, evidenciando fragilidades tanto nos cálculos dos erros como na interpretação dos resultados experimentais. A análise também permitiu verificar que o tempo dedicado à introdução da Teoria dos Erros é reduzido, o que não favorece a consolidação dos conteúdos pelos estudantes.

A análise do contexto revelou ainda que a forma expositiva inicialmente utilizada não promove o envolvimento activo do estudante, especialmente considerando que a disciplina é leccionada no primeiro semestre, quando o domínio dos pré-requisitos matemáticos é ainda frágil. A análise do grupo-alvo confirmou a existência de grande heterogeneidade entre os estudantes, o que contribui para a dificuldade em realizar cálculos, seleccionar métodos adequados de avaliação de erros e interpretar correctamente os resultados das medições.

O aspecto central dos resultados encontra-se na análise de discrepâncias, sintetizada na Tabela 1, onde se observa uma distância significativa entre o desempenho esperado e o desempenho real dos estudantes. As discrepâncias observadas incluem dificuldades em definir e distinguir erros sistemáticos e acidentais, calcular erros absoluto e relativo, escolher o método adequado para a avaliação dos erros e interpretar a fiabilidade dos resultados experimentais.

Quanto à solução intuitiva mencionada na fase preliminar, embora não tenha sido fundamentada no momento em que foi formulada, por se tratar apenas de uma percepção inicial dos docentes, anterior à análise sistemática, ela menciona vários aspectos que reaparecem na solução desenhada com base no Design Instrucional.

A solução intuitiva, na sua parte de descrição do problema, não aborda o modelo nem o levantamento formal de necessidades, e também não apresenta os conteúdos a serem assimilados de forma sequencial. Ainda assim, observa-se que ambas as soluções podem ser implementadas, pelo menos parcialmente.

Entre as possibilidades de implementação futura destacam-se: o leccionamento, nas aulas teóricas, de uma nova instrução estruturada segundo os resultados da análise; e a utilização rigorosa dessa instrução pelos vários docentes responsáveis pelas turmas de aulas laboratoriais. Será também necessário pensar em formas de envolver o estudante de maneira mais activa no processo de ensino e aprendizagem, tornando-o participante efectivo na compreensão e aplicação da Teoria dos Erros.

O caso apresentado caracteriza-se como “*problem driven*”, isto é, um caso induzido pela necessidade de enfrentar um problema real identificado ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Os resultados obtidos nesta etapa de análise constituem a base para fases posteriores do modelo, ainda não desenvolvidas neste estudo.

#### V. CONCLUSÕES

A etapa de Análise permitiu confirmar que o problema identificado nas aulas laboratoriais de Física I é efectivamente um problema instrucional. Os factos observados mostram que:

- Os estudantes não conseguem aplicar correctamente a Teoria dos Erros, mesmo após exposição teórica;
- Há dificuldades concretas em definir erros sistemáticos e acidentais, calcular erros absoluto e relativo, escolher métodos adequados e interpretar resultados de medições;
- O tempo reduzido dedicado à introdução da Teoria dos Erros e o formato expositivo inicial não favorecem a compreensão;
- Existe grande heterogeneidade no grupo-alvo e fragilidade no domínio de pré-requisitos matemáticos;
- A Tabela 1 evidencia discrepâncias claras entre o desempenho esperado e o desempenho real.

Com base nestes factos, a etapa de Análise cumpriu o seu objectivo principal: reunir informação suficiente para compreender o problema e confirmar que ele não é um simples sintoma, mas uma falha instrucional que requer reorganização da instrução. O caso pode ser considerado como “*problem-driven*”, pois resulta directamente da

necessidade de responder a um problema real e persistente identificado no processo de ensino e aprendizagem da Teoria dos Erros. Assim, esta fase conclui o diagnóstico do problema e estabelece uma base sólida para o desenvolvimento posterior de uma instrução mais adequada ao ensino da Teoria dos Erros, considerando os resultados da Análise: (1) reorganização da instrução; (2) adoção de práticas pedagógicas alternativas às actuais; e (3) melhoria da gestão do processo de ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

Mendes, M. (2022) Design Instrucional na prática. Editora UNION. Disponível em [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/701471/2/Design%20Instrucional%20na%20pr%C3%A1tica.pdf](https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/701471/2/Design%20Instrucional%20na%20pr%C3%A1tica.pdf)

Smith, P.; Ragan T.J. (1999) Instructional Design. *Wesley*.

# Proposta de implementação de um algoritmo de recrutamento e selecção de talentos com base em Inteligência Artificial. Caso de estudo: “CONTACT”

Rafael Beto Mpfumo e Hendrick Pacule

Departamento de Tecnologias da Informação e Comunicação, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [rmphfumo@isutc.ac.mz](mailto:rmphfumo@isutc.ac.mz)

**Resumo** – A empresa CONTACT enfrenta desafios significativos no seu processo de recrutamento e selecção, que é atualmente moroso e suscetível a vieses devido à triagem manual de candidaturas. Para otimizar esta operação, a presente pesquisa propõe a implementação de um algoritmo de Inteligência Artificial (IA) com o objetivo de automatizar e aprimorar a selecção de talentos. O nosso foco é desenvolver uma solução que aumente a eficiência, a rapidez e a objetividade do processo, ao mesmo tempo que promove a diversidade. A metodologia utilizada foi a Design Science Research (DSR), centrada na construção de um artefato tecnológico. O algoritmo foi concebido com base em vetorização TF-IDF e similaridade de cosseno para realizar a análise semântica dos currículos. Os resultados dos testes demonstraram um desempenho promissor, com uma acurácia de 80% em cenários amplos e 100% em testes controlados. A eficiência operacional foi comprovada pela redução do tempo de triagem de 40 horas (manual) para 15 minutos (algoritmo) para 1.000 currículos. A pesquisa conclui que a implementação do algoritmo de IA é viável e altamente benéfica para a CONTACT, modernizando o processo de recrutamento e garantindo uma selecção mais justa e eficiente. Adicionalmente, o estudo adota uma perspectiva ética e contextualizada, focando na adaptabilidade do modelo a dados moçambicanos não padronizados e promovendo a transparência algorítmica.

**Palavras-chaves** - Recrutamento e Selecção; Inteligência Artificial (IA); Triagem de Currículos; Automação; Eficiência; Design Science Research (DSR).

## I. INTRODUÇÃO

A evolução constante das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) tem transformado radicalmente a forma como as organizações conduzem suas operações. No campo da gestão de recursos humanos, e em particular no processo de recrutamento e selecção, a automação e a inteligência artificial surgem como ferramentas essenciais para otimizar a eficiência e a tomada de decisões (Smith & Jones, 2023).

Em uma sociedade cada vez mais digital e competitiva, empresas como a CONTACT enfrentam desafios significativos para encontrar e contratar talentos qualificados. Tradicionalmente, o processo de triagem de candidaturas é manual, o que gera morosidade, subjetividade e, consequentemente, perda de talentos. De acordo com (Wilson, 2022), a Inteligência Artificial (IA) no recrutamento pode melhorar a eficiência em até 40% e reduzir o tempo de contratação, ao automatizar tarefas e oferecer análises de dados mais profundas. A IA pode analisar currículos em massa, comparando as competências dos candidatos com os requisitos da vaga de forma objetiva, mitigando o risco de vieses (Li, 2021).

Estudos recentes realizados em contextos africanos (Mucavele & Chongo, 2023; Abebe et al., 2021) reforçam a necessidade de soluções tecnológicas contextualizadas e localmente validadas. A grande maioria dos sistemas de IA em Recursos Humanos disponíveis no mercado é treinada com dados eurocêtricos, o que pode introduzir vieses sistémico e baixa performance ao lidar com estruturas curriculares, variações linguísticas e formatações moçambicanas e regionais. Em comparação com plataformas internacionais, que muitas vezes não fornecem acesso aos seus dados de treino, este trabalho demonstra a viabilidade de desenvolver uma solução *in-house* adaptada à realidade local.

O presente trabalho busca preencher essa lacuna, propondo uma solução baseada em IA para aprimorar o processo de recrutamento e selecção na CONTACT. Nosso objetivo é desenvolver um algoritmo capaz de automatizar a triagem de candidaturas, garantindo um alinhamento mais preciso entre as competências dos candidatos e as exigências das vagas, resultando em um processo mais justo e eficiente.

## II. METODOLOGIA/MÉTODOS

### 2.1 Tipo de Investigação

Para este projecto, optou-se pela pesquisa aplicada, que tem como objectivo gerar conhecimento para a aplicação prática, visando a solução de problemas específicos (Smith, 2020). A abordagem mista (quantitativa e qualitativa) foi empregada, combinando a análise de dados técnicos (desempenho do algoritmo) com a compreensão do contexto dos profissionais de RH da CONTACT.

### 2.2 Procedimentos utilizados para a Recolha e Análise de Dados

#### 2.2.1 Análise Documental

Esta etapa consistiu na análise de artigos científicos e relatórios sobre a aplicação de IA em Recursos Humanos.

#### 2.2.2 Entrevistas e questionários

Foram realizadas entrevistas, e aplicados questionários, com a equipa de Recursos Humanos da CONTACT, para mapear o processo de recrutamento actual e definir os requisitos funcionais da solução.

#### 2.2.3 Conjunto de Dados e Composição

A validação foi realizada em dois cenários distintos para garantir a robustez e a aplicabilidade local do modelo,



conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1. Representação do conjunto de dados

Conjunto	Composição e Origem	Propósito
<b>Cenário Amplo (3.000 CVs)</b>	Base de dados genérica de currículos públicos e sintéticos de diversas fontes e setores de Moçambique.	Testar a generalização e robustez do algoritmo frente à ampla variabilidade de formatos e estruturas de CVs.
<b>Cenário Controlado (1.000 CVs)</b>	históricos reais e descrições de vagas da empresa <i>CONTACT</i> , rotulados por especialistas de RH.	Validar a acurácia do modelo no ambiente operacional da <i>CONTACT</i> e nas necessidades específicas da empresa.

### 2.3 Metodologia de Desenvolvimento *Design Science Research (DSR)*

Para a condução do projecto, foi adoptada a metodologia *Design Science Research (DSR)*, focada na criação de um artefacto tecnológico inovador para resolver um problema real (Marx & Muller, 2018). A Figura 1 ilustra o ciclo de pesquisa na metodologia *DSR*.

#### Design Research



Figura 1 - Ciclo de vida da metodologia *DSR* (Fonte: <https://www.istockphoto.com/es/foto/design-de-investigaci%C3%B3n-gm825902550-134032729> Ilustración de Signo Abstracto Apretón De Manos y más Vectores Libres de Derechos de Abstracto - Abstracto, Acuerdo, Adulto - iStock).

### 2.4 Algoritmos, Ferramentas e Tecnologias

#### 2.4.1 Algoritmo de IA e Parâmetros Técnicos

O núcleo do sistema é baseado em técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN).

- **Vectorização:** utilizou-se a vectorização *TF-IDF* para converter o texto dos currículos e das vagas em vetores numéricos.
- **Similaridade:** A similaridade de cosseno foi aplicada para calcular a semelhança entre os vetores, gerando um score de alinhamento.

Os parâmetros técnicos do Modelo *TF-IDF* (Reprodutibilidade) estão ilustrados na Tabela 2.

#### 2.4.2 Tecnologias utilizadas

O modelo foi desenvolvido em *Python* utilizando bibliotecas como *scikit-learn (Sklearn)* para o núcleo do

algoritmo, e *PyPDF2/python-docx/pytesseract* para a crucial etapa de extração de texto de múltiplos formatos de currículos.

Tabela 2. Parâmetros técnicos modelo

Parâmetro	Valor	Justificativa Técnica
<b><i>ngram_range</i></b>	<b>(1, 2)</b>	Considera termos únicos ( <i>unigrams</i> ) e pares de termos ( <i>bigrams</i> ) para capturar frases importantes (ex.: "gestão de projetos") e melhorar a precisão semântica.
<b><i>stop_words</i></b>	<b>'Portuguese'</b>	Remoção de palavras vazias ( <i>stop words</i> ) padrão do português (ex.: "de", "e", "a") para focar nas palavras-chave mais informativas.
<b><i>max_df</i></b>	<b>0.80</b>	Ignora termos que aparecem em mais de 80% dos documentos, pois tendem a não ser discriminativos.
<b><i>min_df</i></b>	<b>5</b>	Ignora termos que aparecem em menos de 5 documentos, para reduzir ruído e termos raros sem relevância estatística.

### III. RESULTADOS

O projecto resultou no desenvolvimento de um protótipo funcional do algoritmo de recrutamento, que processa documentos, classifica os candidatos e apresenta um *ranking* baseado no *score* de similaridade. A interface de carregamento está apresentada na Figura 2.

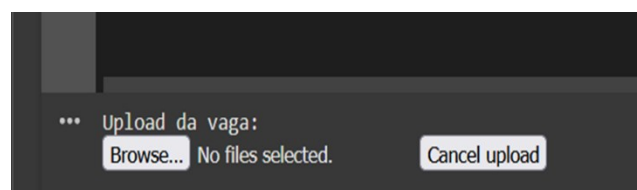


Figura 2. Interface de carregamento de currículos e descrição da vaga.

As Figuras 3 e 4 representam os resultados da triagem dos currículos dos candidatos por vagas.

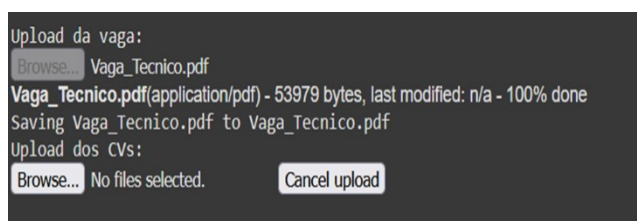


Figura 3. Resultados da triagem: lista de candidatos rankeada por *score*.

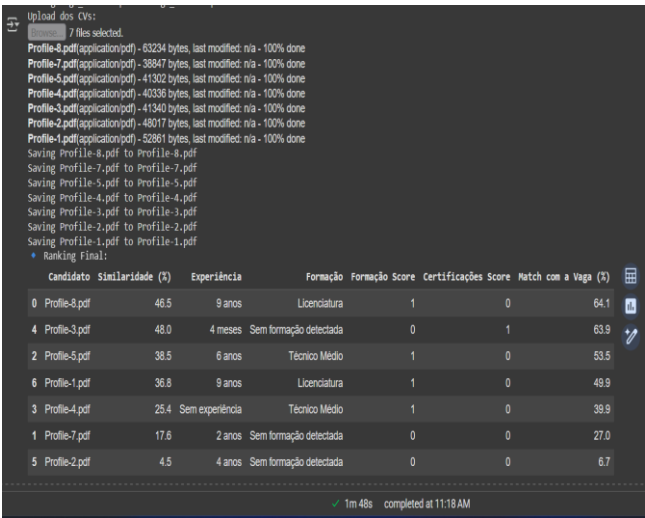


Figura 4. Resultados da triagem: lista de candidatos rankeada por score.

3.1 Conjunto de dados e Validação

O preparo dos dados incluiu normalização do texto e a conversão de documentos em formatos diversos (PDF, DOCX, imagem via OCR) para texto processável. A vetorização TF-IDF transformou os textos em representações numéricas ponderadas.

A Tabela 3 apresenta as principais técnicas de preparação dos dados aplicadas ao processamento dos currículos no algoritmo:

Tabela 3. Técnicas de preparação dos dados.

Técnica	Descrição	Justificativa
Extração de Texto (OCR/Parser)	Conversão de CVs em formatos não textuais (PDF, DOCX, imagem) para texto processável.	Necessário para unificar o formato de entrada e superar obstáculos de layout e digitalização.
Normalização do Texto	Conversão de todo o texto para minúsculas.	Garante que palavras idênticas (ex.: "Python" e "python") sejam tratadas como o mesmo token pelo algoritmo.
Remoção de Pontuação e Caracteres Especiais	Eliminação de vírgulas, pontos finais e símbolos irrelevantes.	Reduz ruído e foca a análise nas palavras-chave e conceitos.
Remoção de Stop Words	Eliminação de palavras comuns sem valor semântico (ex.: "de", "e", "para").	Aumenta a relevância dos termos restantes, melhorando a eficácia do TF-IDF.
Vectorização (TF-IDF)	Transformação das palavras em vetores numéricos ponderados, medindo a	Converte o texto em dados legíveis por modelos matemáticos,

frequência do termo e a raridade no corpus. preparando-o para o cálculo de similaridade.

A validação do modelo foi realizada em dois cenários:

- **Cenário amplo:** Utilizando um conjunto de dados genérico com uma ampla variedade de currículos;
- **Cenário controlado:** Utilizando um conjunto de dados específico, alinhado com as necessidades da CONTACT e com rótulos de "adequado" e "não adequado" definidos por especialistas de RH.

Tabela 4. Distribuição do conjunto de dados de validação.

Conjunto	Aprov.	Reprov.	Total
Cenário Amplo	1.500	1.500	3.000
Cenário controlado	500	500	1.000

3.2 Arquitetura do Algoritmo

A arquitetura do algoritmo desenvolvido para a análise automatizada é apresentada na Figura 5, descrevendo o fluxo das tarefas desde a submissão dos ficheiros até à geração do ranking final.

3.3. Desempenho do Algoritmo

Para validar a eficácia da solução desenvolvida, foram conduzidos testes de avaliação de desempenho, com o objetivo de medir a precisão e consistência do algoritmo na triagem automática de currículos face a uma vaga específica. Os testes seguiram uma abordagem quantitativa, baseada em métricas reconhecidas na literatura científica de avaliação de sistemas de classificação automática.

3.3.1. Eficiência Operacional

O principal ganho do artefato reside na eficiência. A triagem e o ranqueamento de um lote de 1.000 currículos demoravam em média 40 horas (5 dias úteis) no processo manual. O algoritmo de IA completou a mesma tarefa em cerca de 15 minutos. Esta otimização resulta num aumento de eficiência de aproximadamente 99% na etapa de triagem inicial.

3.3.2. Acurácia e Robustez

Os testes de desempenho confirmaram a eficácia do algoritmo:

- **Acurácia em Cenários Amplos:** O algoritmo alcançou uma acurácia de **80%**, indicando que 8 em cada 10 candidatos foram classificados correctamente. (Figura 2).
- **Acurácia em Testes Controlados:** Em testes específicos com dados da CONTACT, a acurácia atingiu **100%**, conforme demonstrado na matriz de confusão.

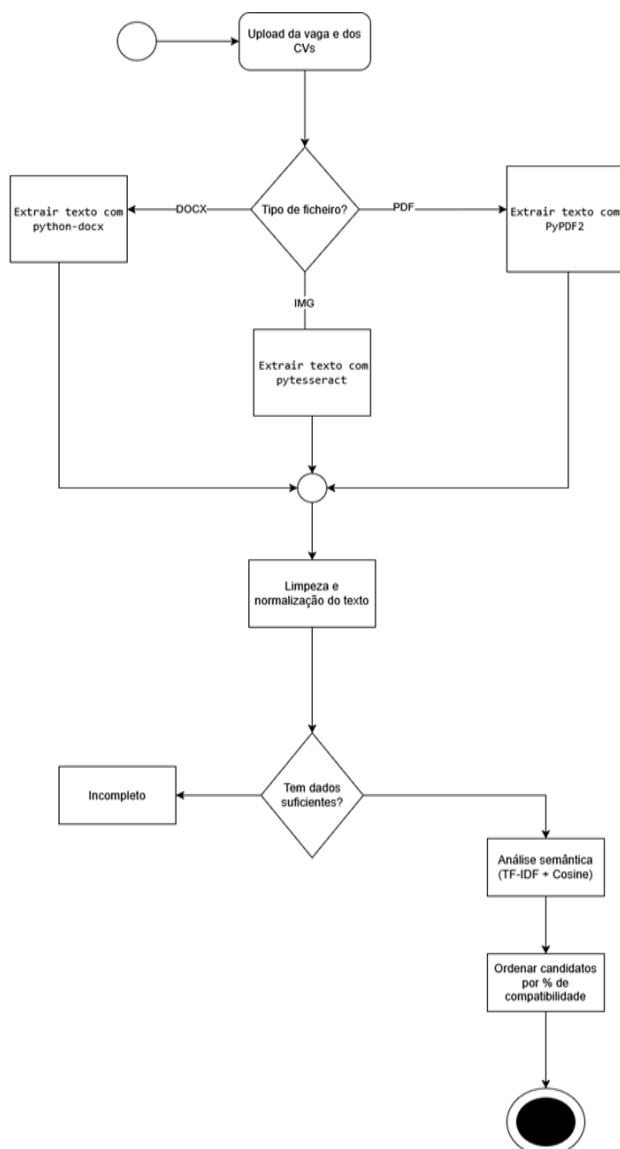


Figura 5. Fluxograma da arquitetura do algoritmo.

#### a) Acurácia

A Figura 6 apresenta o gráfico de barras que ilustra a acurácia do algoritmo proposto para a análise automática de currículos. O gráfico evidencia que 80% das previsões geradas pelo modelo foram consideradas corretas, com base em critérios estabelecidos de margem de tolerância como a identificação de experiência profissional dentro de  $\pm 6$  meses e o match de compatibilidade com a vaga dentro de  $\pm 10\%$ . Os 20% restantes representam previsões inconsistentes ou abaixo dos parâmetros esperados, sinalizando a necessidade de ajustes futuros em componentes como vetorização semântica ou regras de extração de atributos.

De acordo com Choudhary *et al.* (2020), a avaliação da acurácia em modelos baseados em *NLP* deve considerar contextos semânticos e margens de erro aceitáveis, especialmente em tarefas como classificação de documentos e extração de informação. O uso de visualizações gráficas, como o gráfico de pizza, facilita a interpretação dos resultados, permitindo análises comparativas entre previsões bem-sucedidas e falhas do modelo (Agarwal 2018). Esta abordagem gráfica torna-se essencial em projecto de apoio à decisão, como no caso da *CONTACT* Moçambique, onde a triagem automática de candidatos pretende otimizar tempo e

reduzir o viés.

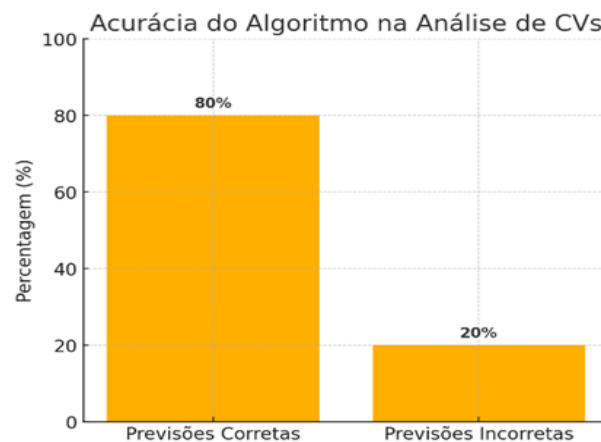


Figura 6. Representação gráfica da acurácia do algoritmo.

A alta acurácia, principalmente nos testes controlados, indica que o algoritmo reduz significativamente a subjetividade, aumenta a rapidez da triagem e minimiza a perda de candidatos qualificados. O modelo é robusto e possui grande potencial para modernizar o processo de recrutamento na *CONTACT*, garantindo uma seleção mais justa e eficiente.

#### b) Matriz de Confusão

A Figura 7 apresenta a matriz de confusão obtida após testar o algoritmo com um conjunto de currículos rotulados manualmente. A classificação foi baseada no limite de 60% de compatibilidade entre o conteúdo do *CV* e os requisitos da vaga. Os candidatos com match igual ou superior a 60% foram classificados como compatíveis (Classe 1), enquanto os restantes foram classificados como não compatíveis (Classe 0).

Classificação de Candidatos (Matriz de Confusão)

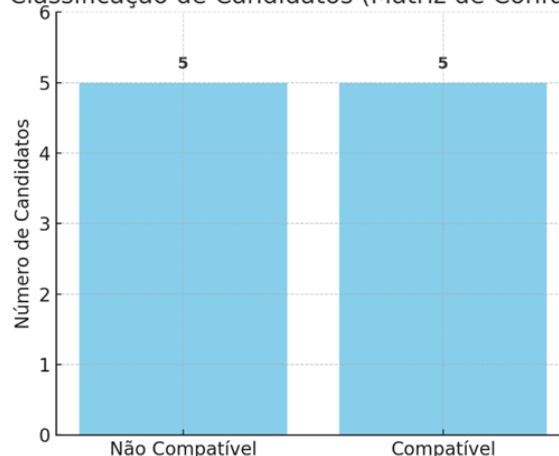


Figura 7. Matriz de Confusão do Algoritmo de Correspondência Curricular.

Na Tabela 5, abaixo está um quadro organizado com as métricas de avaliação obtidas a partir da matriz de confusão. Estas métricas são úteis para complementar a análise da Figura da matriz de confusão.

Tabela 5. Métricas de avaliação do algoritmo: Classe, Precisão (*Precision*), Revocação (*Recall*), *F1-Score* e Suporte (Nº de casos).

Classe	Precisão	Revocação (Recall)	F1-Score	Suporte (Nº de casos)
Não Compatível (0)	1.00	1.00	1.00	5
Compatível (1)	1.00	1.00	1.00	5
Média Ponderada	1.00	1.00	1.00	10

A avaliação do algoritmo revelou resultados promissores, mas também evidenciou desafios inerentes à natureza dos dados de recrutamento.

3.4 Pontos Fortes e Ganhos para a CONTACT Moçambique:

• Redução da Subjectividade

A aplicação de critérios objetivos (experiência, formação, certificações e similaridade semântica) minimiza o viés humano, promovendo um processo de seleção mais justo e imparcial.

• Agilidade na Triagem

A capacidade de processar múltiplos CVs automaticamente com resultados rápidos representa um avanço significativo em comparação com a triagem manual, que consome dias de trabalho para grandes volumes de candidaturas. Embora o estudo não tenha medido o tempo exato de triagem pelo algoritmo *versus* o manual, a automação inerentemente acelera o processo.

• Eficiência na Extração

O algoritmo demonstrou ser eficaz na extração de informações-chave de diferentes formatos de CVs (PDF, DOCX, imagem), superando um obstáculo comum em processos manuais de análise documental.

• Potencial de Escalabilidade

A solução tem potencial para lidar com um volume crescente de candidaturas sem um aumento proporcional no tempo de processamento, o que é crucial para uma empresa como a CONTACT Moçambique.

3.5 Desafios e Limitações Observadas no desempenho do algoritmo

A diferença entre a acurácia de 80% (Figura 6, em um conjunto de testes mais amplo com margem de tolerância) e os 100% (em um teste controlado com 10 casos específicos) indica que o desempenho do algoritmo pode variar com a diversidade e a complexidade dos dados de entrada. Os 20% de previsões inconsistentes no cenário mais amplo refletem as dificuldades em lidar com os seguintes aspectos:

- **Formato e Estrutura dos CVs:** Currículos com *layouts* muito diferentes, dados não padronizados ou informações ambíguas podem afetar a precisão da extração e do

*matching*;

- **Variações Linguísticas:** Sinónimos, gírias ou diferentes formas de expressar qualificações podem não ser totalmente capturados pela similaridade *TF-IDF* se não houver um vocabulário de referência robusto ou técnicas mais avançadas de *PNL*;
- **Subjectividade Remanescente:** Embora o algoritmo reduza a subjectividade, a definição dos limiares de compatibilidade (ex.: 60%) e as margens de tolerância (ex.:  $\pm 6$  meses) ainda dependem de uma decisão humana que pode influenciar os resultados;
- **Ausência de Contexto Humano:** O algoritmo foca em critérios técnicos e de *matching* textual, mas não avalia aspectos comportamentais, culturais ou de entrevista que são cruciais na selecção final. A ferramenta atua como um suporte à triagem inicial, e não como um substituto completo do recrutador;
- **Dependência da Qualidade da Vaga:** A eficácia do *matching* é directamente proporcional à clareza e ao detalhe da descrição da vaga. Uma descrição vaga ou incompleta pode levar a resultados menos precisos.

O algoritmo demonstra uma viabilidade promissora para automatizar e otimizar a triagem de currículos na CONTACT Moçambique. Embora o desempenho perfeito em cenários controlados (100% de acurácia em 10 casos) mostre a capacidade do modelo em condições ideais, a acurácia de 80% em um teste mais amplo e realista aponta para a necessidade de refinamentos contínuos no pré-processamento de dados e na robustez do algoritmo frente à variabilidade do mundo real.

IV. DISCUSSÃO E IMPLICAÇÕES

4.1. Implicações na Eficiência e Literatura

O ganho de eficiência de 99% ao reduzir o tempo de triagem de 40 horas para 15 minutos é um resultado substancial. Este achado quantitativo demonstra que o uso de modelos baseados em PLN pode gerar um impacto operacional dramático. Em comparação com as estimativas internacionais de 20% a 40% (Wilson, 2022), o ganho elevado é explicado pela natureza manual e demorada do processo de RH em Moçambique, onde a automação inicial gera um salto de eficiência maior do que em mercados já parcialmente automatizados.

4.2. Análise Crítica do Desempenho

O desafio crítico reside na diferença entre a acurácia de 80% (cenário amplo) e 100% (cenário controlado). A acurácia de 80% é robusta, mas os 20% de previsões inconsistentes no cenário mais amplo refletem a limitação da vectorização *TF-IDF* em capturar nuances semânticas complexas. O *TF-IDF* foca na frequência e raridade das palavras, e tem dificuldade em lidar com:

- **Variações Linguísticas:** Sinónimos e diferentes formas de expressar a mesma qualificação;
- **Contexto:** O modelo não avalia a ordem ou o contexto das frases de forma profunda, apenas a semelhança dos termos.



Isto reforça a conclusão de Li (2021) de que, embora a IA reduza o viés humano de primeira impressão, ela introduz um viés de dados e a necessidade de critérios humanos (como a definição do limiar de 60% de compatibilidade) para influenciar o resultado. A robustez de 100% no cenário controlado, por outro lado, valida a eficácia do modelo em condições ideais e específicas da *CONTACT*, confirmando que o pipeline é totalmente funcional quando os dados de entrada seguem padrões esperados.

### 4.3. Ganhos Estratégicos para a *CONTACT*

O artefacto cumpre o requisito de *Design Science Research* ao resolver um problema real de forma eficaz. O algoritmo garante um processo de seleção mais justo e imparcial ao utilizar critérios objectivos (similaridade textual), reduzindo a probabilidade de exclusão de candidatos qualificados com base em fatores subjetivos.

Além disso, a solução possui um potencial de escalabilidade crucial para o crescimento da empresa. A capacidade de lidar com um volume crescente de candidaturas sem um aumento proporcional no tempo de processamento permite que a *CONTACT* expanda suas operações de recrutamento de forma mais eficiente e estratégica.

### 4.4. Considerações Éticas e Contextualização Moçambicana

A implementação de algoritmos de IA no recrutamento exige atenção especial a princípios éticos e de justiça algorítmica (Li, 2021; UNESCO, 2022). O sistema foi concebido com rastreabilidade de decisões e possibilidade de revisão humana, assegurando alinhamento com as diretrizes de Inteligência Artificial responsável.

A contextualização moçambicana do estudo é garantida pelos seguintes fatores técnicos e práticos, respondendo à necessidade apontada em Mucavele & Chongo (2023) e Abebe et al. (2021):

- **Validação Local:** O desempenho de 100% de acurácia no Cenário Controlado (dados da *CONTACT*) confirma a validade do modelo em um contexto real moçambicano, onde a acurácia seria comprometida por modelos treinados exclusivamente em dados estrangeiros;
- **Tratamento de Diversidade:** O pipeline de pré-processamento (utilizando *PyPDF2*, *pytesseract*) foi desenhado especificamente para lidar com a alta variabilidade de formatos e a má estruturação dos *CVs* moçambicanos (que diferem dos padrões anglo-saxónicos ou europeus).

O uso de *stop words* e a customização do vocabulário em português de Moçambique garantem que a análise semântica capte a relevância correta dos termos locais. Isto demonstra que o artefacto não é apenas uma replicação, mas sim uma adaptação robusta e validada para o contexto operativo africano.

## V. CONCLUSÕES

A implementação deste algoritmo de Inteligência Artificial prova ser uma solução altamente eficaz e viável para os desafios de recrutamento e seleção da empresa *CONTACT*. Ao

automatizar a triagem de candidaturas, o sistema não só aumenta a rapidez (redução de 40 horas para 15 minutos), como também promove um processo mais justo e menos propenso a vieses humanos iniciais.

Os resultados confirmam a viabilidade técnica e os benefícios práticos da solução, recomendando-se a sua adoção e integração com os sistemas de RH existentes.

Trabalhos futuros deverão focar-se em duas áreas principais:

- **Melhoria da Acurácia Semântica:** Substituir ou complementar o *TF-IDF* com *Large Language Models (LLMs)* ou *Word Embeddings* (ex: *Word2Vec*, *BERT*) para aprimorar a análise contextual e, potencialmente, aumentar a acurácia no cenário amplo para mais de 90%;
- **Mitigação de Viés:** Implementar métodos para auditar o algoritmo e ajustar os limiares de compatibilidade, garantindo que o algoritmo não perpetue vieses históricos contidos nos dados de treino.

Em síntese, o estudo contribui para o avanço científico e prático da IA em contextos africanos, oferecendo evidências de viabilidade técnica, eficiência operacional e conformidade ética. A metodologia *DSR* aplicada neste trabalho reforça o potencial de replicação em outras empresas moçambicanas e africanas.

## REFERÊNCIAS

- Abebe, R., Barocas, S., Kleinberg, J., Levy, K. and Raghavan, H. (2021). Roles for Computing in Social Change. *Communications of the ACM*, vol. 64, no. 3, pp. 72–80.
- Agarwal, R. (2018). Data visualization and inter-pretation in machine learning. Academic Press.
- Choudhary, S., Gupta, P., & Singh, K. (2020). Evaluation metrics for nlp models: a comparative study on document classification and information extrac-tion. *international journal of computer applications*, 177(32), 41–48. <https://doi.org/10.5120/ijca2020920455>
- Li, R. (2021). Mitigating Bias in AI-Based Recruitment Systems. *Journal of Artificial Intelligence Ethics*, vol. 10, no. 1, pp. 45–61.
- Marx, K. A. and Müller, R. S. (2018). Design Science Research in Information Systems. *MIS Quarterly*, vol. 30, no. 3, pp. 637-677, 2018.
- Mucavele, S. and Chongo, T. (2023) Adoption of Artificial Intelligence in Mozambican Enterprises: Opportunities and Challenges. *African Journal of Digital Transformation*, vol. 4, no. 1, pp. 55–68.
- Smith, J. A. (2020). Research Methods in Applied Science: Principles and Practice, *Scientific Publishing House*.
- Smith, M. A. and Jones, D. M. (2023). The Digital Revolution in Human Resources: AI-Driven Recruitment and Selection. *Journal of Modern Business*, vol. 45, no. 2, pp. 112–125.
- UNESCO (2022), Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence, Paris.

Wilson, A. D. (2022). AI and the Future of Work: A Global Perspective on Recruitment. *Global Technology Review*, vol. 18, no. 4, pp. 78–92.

# Estudo sobre hacking ético na prevenção de ciberataques: uma simulação de Phishing baseada em Nuvem para conscientização em Cibersegurança

Leandro Tito Manjate

Departamento de Tecnologias da Informação e Comunicação, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [titomanjate@gmail.com](mailto:titomanjate@gmail.com)

**Resumo** – O phishing representa um método prevalente de ataques cibernéticos, que se aproveita de vulnerabilidades humanas em vez de deficiências técnicas. Este estudo ilustra como métodos de hacking ético, combinados com simulações realistas baseadas em nuvem, podem aprimorar a conscientização sobre segurança cibernética e diminuir a vulnerabilidade ao cibercrime. A configuração foi estabelecida na Amazon Web Services (AWS), com o Route 53 para administração de DNS, uma instância EC2 e o GoPhish conectado ao Mailgun para entrega de e-mails. Duas ferramentas de hacking ético baseadas em Python — um keylogger e um backdoor reverso — foram criadas para demonstrações regulamentadas. Dois questionários avaliaram os níveis de alfabetização digital e as opiniões dos utilizadores sobre segurança cibernética e hacking ético. Os resultados indicaram uma falta de compreensão das ameaças de engenharia social e consideráveis suscetibilidades comportamentais em exercícios simulados de phishing. A pesquisa sugere que o hacking ético, implementado em um arcabouço formal como a ISO/IEC 27001, é um instrumento eficaz para cultivar uma cultura robusta de segurança cibernética.

**Palavras-chaves** - Hacking Ético; Phishing; Conscientização em Cibersegurança; Segurança em Nuvem; ISO 27001.

## I. INTRODUÇÃO

O cibercrime aumentou dramaticamente na última década, com o *phishing* representando uma parcela significativa de roubo de identidade e perdas financeiras globalmente (Ferreira & Teles, 2019; Asfoor et al., 2020). Os perpetradores estão cada vez mais utilizando comunicação persuasiva, sites falsificados e táticas de engenharia social para enganar os consumidores e fazê-los revelar informações confidenciais. Em diversas economias emergentes, como Moçambique, a conscientização e as medidas tecnológicas são inadequadas para lidar com essas dificuldades.

O *hacking* ético oferece uma estrutura legal e instrutiva para identificar vulnerabilidades antes que sejam exploradas por agentes maliciosos (Hadnagy, 2022). A realização de simulações controladas que replicam ataques reais permite a observação das respostas dos utilizadores, a avaliação de vulnerabilidades e a identificação de áreas de falha, tanto nos aspetos humanos quanto tecnológicos.

Este projeto visa avaliar como as técnicas de *hacking* ético, nomeadamente simulações de *phishing*, podem melhorar a conscientização sobre segurança cibernética. Os objetivos primários são:

- Desenvolver uma plataforma de *phishing* baseada em nuvem que integra configurações técnicas autênticas com análise comportamental;

- Avaliar a vulnerabilidade do utilizador através de interações observadas e pesquisas;
- Fornecer uma abordagem adequada para ambientes académicos e corporativos em Moçambique.

O documento está organizado da seguinte forma: A Secção II delinea a técnica; a Secção III articula os resultados experimentais; a Secção IV analisa as descobertas; a Secção V encerra com recomendações.

### 1.1 Revisão de Literatura

A literatura científica demonstra, de forma consistente, que os ataques de *phishing* continuam a ser o vector de ataque mais prevalente contra utilizadores em ambientes corporativos e académicos. Estudos como os de Asfoor et al. (2020) e Ferreira & Teles (2019) evidenciam que factores comportamentais — incluindo excesso de confiança, baixa literacia digital e heurísticas simples de decisão — contribuem mais para o sucesso do *phishing* do que falhas tecnológicas.

As simulações de *phishing* são amplamente utilizadas para medir vulnerabilidades humanas, sendo plataformas como o *GoPhish* empregues em universidades e organizações para avaliar respostas comportamentais (Redmiles et al., 2020). A investigação demonstra que estudantes da área de Tecnologias de Informação apresentam, frequentemente, maior propensão ao erro devido a um fenómeno conhecido como *overconfidence bias*, documentado por Rajivan et al. (2018), que descreve a tendência de utilizadores tecnicamente competentes ignorarem indicadores de risco por acreditarem reconhecer ameaças com maior facilidade.

Adicionalmente, estudos recentes (Hadnagy, 2022; Heartfield & Loukas, 2016) demonstram que a utilização de metodologias de *hacking* ético em ambiente controlado melhora significativamente a retenção de conhecimento, uma vez que coloca o utilizador numa situação realista e emocionalmente envolvente, reforçando a aprendizagem experiencial.

A investigação relativa ao protocolo *HTTPS* também revela um equívoco amplamente disseminado: Felt et al. (2016) mostram que mais de metade dos utilizadores acredita que o cadeado de “site seguro” garante legitimidade, o que facilita ataques de *phishing* com domínios fraudulentos, mas certificados TLS válidos. Assim, a confusão observada nesta pesquisa (54,5%) é consistente com achados internacionais.

## II. METODOLOGIA

Na presente secção, são descritos de forma detalhada os procedimentos metodológicos adotados no estudo, incluindo

a configuração da infraestrutura, as ferramentas de *hacking* ético utilizadas, o desenho da campanha de *phishing*, os questionários aplicados e as considerações éticas e legais que orientaram a condução da investigação.

### A. Configuração da Infraestrutura

O ambiente de simulação de *phishing* foi implementado na *Amazon Web Services* (AWS) utilizando uma instância *EC2* *Ubuntu Server*. O *Apache2* forneceu o serviço web para as páginas de login clonadas, e o *Route 53* cuidou do gerenciamento de *DNS*. Um nome de domínio dedicado foi registrado e protegido com certificados *SSL/TLS* via *Certbot* para garantir a comunicação criptografada e aumentar o realismo (Manjate, 2024; OWASP, 2023).

A *Mailgun* cuidou da entrega de e-mails e da análise de dados (rastreamento de aberturas/cliques). A arquitetura do ambiente simulado está ilustrado na Figura 1.

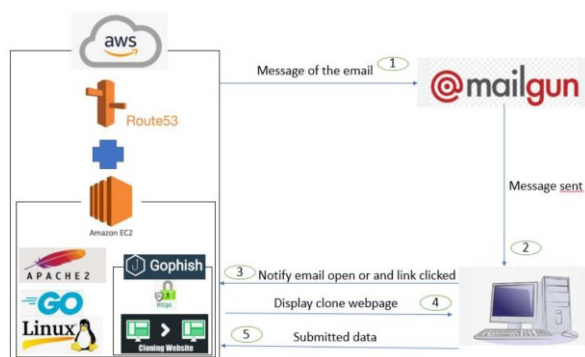


Figura 1. Arquitetura do ambiente de simulação de phishing baseado em nuvem, integrando AWS (EC2, Route 53), Apache2, GoPhish e Mailgun para entrega e rastreamento de e-mails.

### B. Ferramentas de Hacking Ético

Duas ferramentas *Python* foram criadas exclusivamente para fins didáticos:

- *Keylogger* – registou as teclas digitadas para ilustrar vulnerabilidades de vazamento de dados em endpoints não seguros;
- *Reverse Backdoor* – simulação de execução de comandos após comprometimento, enfatizando as fases de pós-exploração.

Ambos foram executados exclusivamente em máquinas virtuais isoladas, desprovidas de qualquer conexão com sistemas de produção.

Importa salientar que o *keylogger* e o *reverse backdoor* produzidos foram utilizados exclusivamente para demonstração em ambiente isolado. Nenhuma destas ferramentas foi executada nos dispositivos dos participantes, e não houve qualquer tentativa de recolher credenciais reais. O seu propósito foi exclusivamente didático, para ilustrar fases de pós-exploração no contexto de formação em cibersegurança.

### C. Design de Campanha de Phishing

O *GoPhish* (Figura 2) ofereceu uma estrutura para o desenvolvimento de campanhas de *phishing* autênticas (GoPhish, 2024). Os perfis dos remetentes foram concebidos para imitar endereços institucionais, enquanto os modelos de

mensagens emulavam comunicados internos. Cada *e-mail* continha um pixel de rastreamento e um *link* exclusivo para a página da *web* replicada. O sistema documentou se cada destinatário acessou, clicou ou forneceu informações.

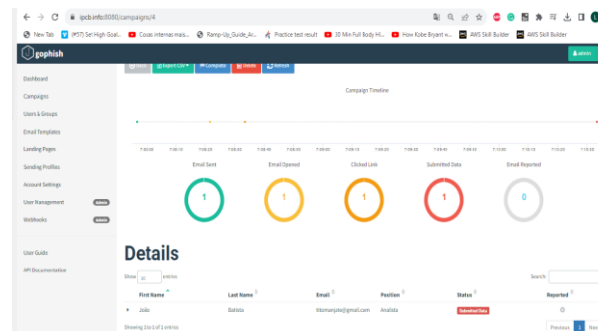


Figura 2. Painel de controle da campanha *GoPhish* exibindo o *status* de entrega de *e-mails*, rastreamento de aberturas/cliques e estatísticas de envio de credenciais para cada simulação.

### D. Questionários

Duas pesquisas online foram administradas:

- O Questionário A: avaliou a compreensão de estratégias de engenharia social, protocolos de senhas e higiene da rede;
- O Questionário B: avaliou as percepções sobre *hacking* ético, cibercrime e responsabilidade legal.

Um total de 44 participantes concluíram ambos os questionários. As respostas foram recolhidas através do *Google Forms* e exportadas em formato *CSV* para posterior análise. De forma complementar, os resultados da simulação de *phishing* gerados pelo *GoPhish* — incluindo métricas de entrega, abertura, cliques e submissão de credenciais — foram igualmente exportados em formato *CSV*. A análise estatística foi realizada no *Microsoft Excel* e em *Python (pandas)*, abrangendo o cálculo de frequências absolutas, percentagens, organização das respostas em escalas *Likert* e tabulação cruzada entre variáveis. Os resultados finais são apresentados sob a forma de valores percentuais e tabelas.

### E. Considerações Éticas e Legais

Todas as simulações foram conduzidas sob aprovação ética. Os participantes foram informados sobre o propósito educacional do projeto e deram seu consentimento. Nenhum dado pessoal real ou credenciais foram mal utilizados, e todas as informações capturadas foram armazenadas de forma segura e anonimizadas.

## III. RESULTADOS

### A. Implementação Técnica

A infraestrutura validou com sucesso todas as configurações de *DNS* e *TLS*. A *Mailgun* confirmou a verificação do domínio, e os e-mails foram entregues com sucesso, com rastreamento de abertura e cliques ativado. Isso garantiu alto realismo e rejeição mínima de spam.



## B. Questionário A — Alfabetização Digital (n = 44)

A presente subsecção apresenta os resultados referentes à caracterização demográfica dos participantes (Tabela 1), ao seu nível de conhecimento em engenharia social (Tabela 2) e às suas práticas de segurança, incluindo os principais equívocos identificados (Tabela 3).

### i) Demografia

A maior parte dos participantes são estudantes (84,10%) da área de ciências da computação (88,60%). O Género masculino (84,10%) foi dominante entre os participantes (Tabela 1),

Tabela 1 Caracterização Demográfica da Amostra (n = 44)

Variável	Categoria	Percentagem
Género	Masculino	84,10%
	Feminino	15,90%
Área de estudo	Ciência de computação/TI	88,60%
	Outras áreas	11,40%
Situação académica	Estudantes	84,10%
	Profissionais	15,90%

### ii) Conscientização sobre engenharia social

Os dados sobre conscientização sobre os conceitos de engenharia social (Tabela 2) usados como indicador indicam que a maior parte do participantes (acima de 50%) estão familiarizados com os termos (indicadores avaliados). Contudo, os resultados sugerem, também, que somente cerca de 43% reconhecem o termo “vishing” (phishing por voz).

Tabela 2. Conscientização dos Participantes sobre Conceitos de Engenharia Social (n = 44)

Indicador Avaliado	Percentagem
Identificaram o termo “engenharia social”	77,30%
Reconheceram ataques “shoulder surfing” e “quid pro quo”	90,90%
Identificaram correctamente o acto de “tailgating”	70,50%
Reconheceram o “vishing” (phishing por voz)	43,20%
Conheciam o “pretexting”	81,60%
Identificaram o phishing	75,00%

### iii) Práticas de segurança e equívocos

Tabela 3. Práticas de Segurança e Equívocos dos Participantes (n = 44)

Indicador Avaliado	Percentagem
Recusariam chamadas suspeitas solicitando dados pessoais	50,00%
Compreenderam o papel das perguntas de segurança	79,50%
Acreditavam incorretamente que páginas HTTPS são sempre seguras	54,50%
Reconheceram o risco de partilhar dados em redes sociais	90,90%
Consideraram inseguro partilhar palavras-passe	97,70%
Apoiaram o uso de autenticação de dois factores (2FA)	90,90%

Em relação às práticas de segurança (Tabela 3), acima de 90% dos participantes reconhecem como sendo práticas inseguras a partilha de dados em redes sociais (90,90%) e a partilha de palavra passe (97,70%), enquanto 90,90% apoiariam uso da autenticação por dois factores.

## C. Questionário B — Percepções sobre Hacking Ético

Este questionário foi desenvolvido para avaliar as percepções, a conscientização e a compreensão dos participantes sobre o *hacking* ético como uma abordagem legítima e preventiva para combater o cibercrime. O objetivo foi explorar como os indivíduos diferenciam entre *hacking* ético e malicioso, seu nível de confiança em hackers éticos e sua opinião sobre a integração de práticas de *hacking* ético na educação em segurança cibernética.

A pesquisa consistiu em uma série de afirmações medidas através de uma escala *Likert* de cinco pontos, variando de Discordo Totalmente a Concordo Totalmente. As questões abordaram aspectos éticos do teste de penetração, limites legais do *hacking* ético e a importância percebida dos hackers éticos na proteção das organizações contra ameaças cibernéticas.

Os resultados (Tabela 4) demonstraram que 84% dos participantes concordaram ou concordaram fortemente que o *hacking* ética ajuda a identificar vulnerabilidades antes que cibercriminosos as explorem. Isso demonstra um alto nível de aceitação e compreensão do *hacking* ético como uma medida de segurança proativa. Contudo, 16% dos respondentes expressaram incerteza em relação às limitações legais e éticas dos testes de penetração, indicando uma falta parcial de conhecimento sobre as regulamentações nacionais ou institucionais.

Tabela 4. Percepções dos Participantes sobre Hacking Ético (Escala Likert, n = 44)

Afirmação	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro / Incerteza	Concordo	Concordo Totalmente
O <i>hacking</i> ético ajuda a identificar vulnerabilidades antes que cibercriminosos as explorem	0%	2%	14%	48%	36%
Existem incertezas sobre os limites legais e éticos do <i>hacking</i> ético	4%	4%	16%	50%	26%
Programas de <i>hacking</i> ético devem ser integrados na educação formal	3%	3%	22%	41%	31%
Existe risco de uso indevido das competências de <i>hacking</i> ético sem supervisão	2%	4%	6%	58%	30%

Curiosamente, mais de 70% dos entrevistados apoiaram a integração de programas de *hacking* ético e conscientização sobre segurança cibernética na educação formal, acreditando que isso ajudaria a fortalecer uma cultura digital responsável e orientada para a segurança. Uma parcela menor (cerca de 6%) levantou preocupações sobre o potencial uso indevido das habilidades de *hacking* ético, caso não sejam devidamente supervisionadas ou regulamentadas.

No geral, esses resultados destacam uma percepção geralmente positiva sobre o *hacking* ético entre os participantes, reconhecendo-o como um componente essencial das estratégias modernas de segurança cibernética.

No entanto, os resultados também enfatizam a necessidade

de campanhas de conscientização contínuas, legislação mais clara e estruturas éticas padronizadas para garantir que as práticas de *hacking* ético sejam conduzidas de forma responsável e transparente.

D. Resultados da Campanha de *Phishing*

A presente subsecção apresenta os resultados da simulação de *phishing* obtidos nas coortes de Tecnologias de Informação (TI; Tabela 5) e Não-TI (Tabela 6).

Tabela 5. Resultados da Campanha de Phishing na Coorte de TI (n = 17)

Métrica	Valor
E-mails enviados	17
E-mails abertos e clicados	5 (29,4%)
Envios de credenciais	2 (11,8%)

Tabela 5. Resultados da Campanha de Phishing na Coorte Não-TI (n = 17)

Métrica	Valor
E-mails enviados	17
E-mails abertos e clicados	5 (29,4%)
Envios de credenciais	1 (5,9%)

Os resultados demonstram níveis de curiosidade semelhantes entre ambos os grupos (Tabelas 5 e 6), mas uma taxa de submissão mais elevada entre os estudantes de TI (Tabela 6) — possivelmente devido a uma excessiva confiança em sua capacidade de identificar conteúdo falso.

IV. DISCUSSÃO

Os resultados confirmam que os factores humanos permanecem o elemento mais fraco em cibersegurança. Mesmo entre estudantes de TI, que possuem conhecimento técnico, vulnerabilidades comportamentais persistiam. Taxas de cliques iguais entre as coortes (29,4%) demonstram que treinamento e conscientização técnica, por si sós, não são suficientes sem testes contínuos.

A concepção equivocada de que *HTTPS* garante legitimidade (54,5%) é alarmante e reflete uma ampla incompreensão dos indicadores de confiança. Destaca-se a necessidade de programas de conscientização direcionados, que expliquem a falsificação de certificados e a personificação de domínios.

A prática de *hacking* ético demonstrou ser uma ferramenta pedagógica poderosa, oferecendo experiência prática e feedback realista. Simulações controladas como estas permitem que os utilizadores aprendam por meio da participação, em vez de apenas pela teoria, reforçando a retenção e a mudança de comportamento.

As limitações desta pesquisa incluem a pequena amostra focada em estudantes e as restrições éticas das campanhas simuladas, o que pode reduzir o realismo em comparação com ataques reais. Estudos futuros devem se estender aos setores corporativos e incluir painéis de conscientização automatizados para o acompanhamento do desempenho.

V. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou com sucesso que o *hacking* ético, implementado através de simulações controladas de *phishing* baseadas em nuvem, pode identificar vulnerabilidades humanas e aprimorar a conscientização sobre segurança cibernética.

Principais resultados:

- Tanto os participantes de TI quanto os não participantes de TI exibiram níveis de curiosidade semelhantes, refletidos em taxas de cliques iguais (29,4%);
- Concepções errôneas sobre *HTTPS* e excesso de confiança entre utilizadores técnicos aumentaram a exposição;
- O *hacking* ético, quando utilizado de forma ética e legal, é uma metodologia eficaz de conscientização alinhada aos princípios da ISO/IEC 27001.

Os achados deste estudo alinham-se com pesquisas internacionais que demonstram que o erro humano é o principal vetor de ataques bem-sucedidos. Trabalhos de Redmiles et al. (2020) documentam taxas de clique semelhantes entre utilizadores com formação técnica e não técnica, sugerindo que conhecimentos prévios não eliminam vulnerabilidades comportamentais. O elevado nível de confiança dos estudantes de TI encontrado neste estudo também foi identificado por Rajivan et al. (2018), que descrevem excesso de confiança como um preditor significativo de falhas em avaliações de *phishing*.

Da mesma forma, a confusão observada em relação ao *HTTPS* é amplamente relatada em literatura. Felt et al. (2016) demonstram que os utilizadores frequentemente interpretam o cadeado SSL como prova inequívoca de autenticidade, ignorando que certificados TLS podem ser obtidos para domínios maliciosos. Assim, os resultados deste estudo reforçam um problema global, não local.

Recomendações:

1. Realizar simulações trimestrais de *phishing* com micro-treinamentos direcionados aos utilizadores que clicarem em links;
2. Implementar autenticação de dois factores e políticas de senhas mais robustas;
3. Adotar SPF, DKIM e DMARC para autenticar e-mails e evitar falsificação;
4. Integrar módulos de *hacking* ético nos currículos do ensino superior;
5. Estabelecer marcos legais claros para testes de penetração autorizados.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa sincera gratidão ao Instituto Superior de Transportes e Comunicações (ISUTC) pelo apoio académico e a todos os participantes que contribuíram para este estudo. Agradecimentos especiais aos supervisores e mentores por sua orientação e incentivo ao longo deste projecto.

## REFERÊNCIAS

- Asfoor, A. H., Abdul Rahim, F., & Yussof, S. (2020). Identifying factors that influence security behaviours relating to phishing attack susceptibility: A systematic literature review. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(15), 3127–3161.
- Ferreira, A., & Teles, F. (2019). Human factors in phishing attacks: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 92, 162–175.
- GoPhish. (2024). Open-Source Phishing Framework. <https://getgophish.com>.
- Hadnagy, C. (2022). *Social Engineering: The Science of Human Hacking* (2.<sup>a</sup> ed.). Wiley.
- ISO. (2022). *ISO/IEC 27001: Information Security Management Systems — Requirements*. International Organization for Standardization.
- Manjate, L. T. (2024). *Ethical Hacking Study Against Cybercrime* [Master's dissertation, Instituto Politécnico de Castelo Branco].
- OWASP Foundation. (2023). *OWASP Testing Guide v5*. <https://owasp.org>
- Redmiles, E. M., Kross, S., & Mazurek, M. L. (2020). Where is the digital divide? Measuring phishing susceptibility across socioeconomic groups. *Proceedings of the 29th USENIX Security Symposium*.
- Rajivan, P., Gonzalez, C., & Loya, P. (2018). Decision-making and overconfidence in phishing attack detection. *Frontiers in Psychology*, 9, 1593.

# Mapeamento das dificuldades de aprendizagem dos conceitos básicos de electricidade entre alunos da 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> classes em três Escolas Secundárias do sul de Moçambique

Alexandre F. Dambe<sup>1,2</sup>, Inocente V. Mutimucuo<sup>1</sup>, Adriano R. Sacate<sup>1,2</sup> e Marina Y. Kotchkareva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Educação, Universidade Eduardo Mondlane, Av. J. Nyerere, Campus Principal, UEM, Maputo, Moçambique

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Básicas, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [alexandre.vishell@gmail.com](mailto:alexandre.vishell@gmail.com)

**Resumo** – O domínio dos conceitos básicos de electricidade é fundamental para o desenvolvimento académico dos alunos, uma vez que possibilita a compreensão de fenómenos científicos e tecnológicos. Contudo, o ensino destes conteúdos em Moçambique enfrenta sérias limitações, sobretudo devido à carência de laboratórios e materiais didácticos. Neste cenário, as concepções alternativas — entendimentos não científicos construídos a partir do senso comum e de experiências quotidianas — constituem obstáculos persistentes à aprendizagem. A presente pesquisa tem como objectivo mapear as principais dificuldades enfrentadas pelos alunos da 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> classes na aprendizagem da corrente eléctrica, resistência, diferença de potencial e potência dissipada, em três escolas secundárias da região sul de Moçambique, bem como propor estratégias inovadoras que favoreçam o desenvolvimento conceptual. Os resultados do teste diagnóstico indicam a presença de concepções alternativas recorrentes, como a ideia de que a corrente é “consumida” ao longo do circuito, a crença de que resistências adicionadas em paralelo aumentam sempre a resistência total e a interpretação fragmentada da potência dissipada. Estas dificuldades revelam obstáculos epistemológicos, agravados pela ausência de práticas experimentais e pelo uso excessivo de métodos tradicionais centrados na memorização. Para superar tais barreiras, propõe-se a integração da metodologia POER (Prediga, Observe, Explique e Reflita) aliada à abordagem STEM, permitindo o uso de actividades práticas simples, reflexões críticas e aprendizagens interdisciplinares. Conclui-se que, mesmo em contextos com limitações estruturais, é possível promover uma mudança conceptual significativa, desde que se adoptem metodologias activas que coloquem o aluno no centro do processo de construção do conhecimento.

**Palavras-chaves** – *Electricidade, Dificuldade de Aprendizagem, Concepções Alternativas, Desenvolvimento Conceptual.*

## e INTRODUÇÃO

O Domínio dos conceitos básicos de electricidade é essencial para o crescimento académico dos alunos, pois facilita a compreensão de fenómenos nas áreas de engenharia, tecnologia e ciências. Contudo, o ensino destes conceitos enfrenta grandes desafios, principalmente em escolas com recursos limitados, como muitas em Moçambique. Entre os principais obstáculos, destacam-se as concepções alternativas — entendimentos imprecisos que os alunos formam a partir de experiências diárias, influências familiares e até erros nos materiais didácticos (Vilanculo, Mutimucuo & Silva, 2020; Leão, 2016). Embora essas concepções tenham sido estudadas desde a década de 1970, continuam a dificultar a aprendizagem desses conceitos básicos (Macêdo, Dickman & Andrade, 2012; Pereira, 2022).

Este estudo tem como propósito mapear as dificuldades de aprendizagem dos alunos assim como propor uma estratégia inovadora que possa promover o desenvolvimento conceptual desses alunos sobre esses conceitos básicos. Várias pesquisas mostram que a falta de materiais adequados e formação específica dos professores agrava as dificuldades de aprendizagem (INDE & MINEDH, 2021; MINEDH, 2022).

Considerando que os alunos das classes pré-universitárias (11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> classes) encontram-se num momento decisivo da consolidação destes conceitos, a presente pesquisa pretende contribuir de forma a tornar o ensino de electricidade mais acessível e eficaz, mesmo em ambientes com vários desafios. Ao identificar as principais dificuldades, espera-se oferecer subsídios para implementar estratégias didácticas e inovadoras que melhorem a qualidade do ensino e promovam a aprendizagem em Moçambique.

## f Contexto das Escolas Moçambicanas

O sistema educacional moçambicano enfrenta desafios históricos, especialmente desde a independência em 1975, quando o analfabetismo era de 93%. A guerra civil agravou essa situação, destruindo infraestruturas e prejudicando a qualidade do ensino (Fortes, Beirão & Santos, 2021). Apesar do crescimento económico após 1994, ainda persistem limitações estruturais que afectam sobretudo o ensino das ciências (MINEDH, 2020).

No ensino da Física, a ausência de laboratórios, a falta de materiais didácticos e as salas superlotadas restringem o ensino à teoria. Onde na electricidade, os conceitos básicos tais como corrente eléctrica, diferença de potencial, potência, 26rtefacto e resistência eléctrica tornam-se difíceis de entender e de assimilar (Halfen, 2025). Para além de que os factores socio-económicos e culturais também influenciam o desempenho dos alunos.

O Plano Estratégico da Educação 2020-2029 procura melhorar a qualidade do ensino, mas enfrenta desafios como falta de recursos e baixa qualificação dos professores. Apesar do governo destinar entre “18% e 22% do orçamento à educação, o valor não cobre as necessidades de infra-estrutura, especialmente laboratórios do ensino” (MINEDH, 2020). A falta de práticas experimentais dificulta o desenvolvimento do pensamento científico e a compreensão dos fenómenos eléctricos.

Nos currícula da 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> classes, a electricidade é fundamental para o raciocínio lógico-científico, mas a ausência de laboratórios compromete a aprendizagem e mantém dominantes as concepções alternativas (INDE & MINEDH, 2021; Vilanculo et al., 2020). Os resultados da



pesquisa feita em Fortes et al. (2021) indicam que 53,7% das escolas secundárias e superiores não dispõem de laboratórios adequados, o que afecta a formação académica e profissional dos alunos.

Perante este quadro, esta pesquisa pretende diagnosticar as dificuldades na aprendizagem da electricidade e sugerir soluções inovadoras. Neste contexto, torna-se necessário aprofundar a compreensão sobre os obstáculos que dificultam a aprendizagem dos conceitos básicos de electricidade nas escolas moçambicanas. Para isso, é fundamental identificar com clareza o problema que esta pesquisa se propõe a investigar, conforme apresenta-se seguir.

### 1.2 Problema de Pesquisa

A aprendizagem dos conceitos básicos de electricidade na maioria das escolas secundárias moçambicanas enfrenta desafios que limitam o desenvolvimento conceptual dos alunos, particularmente, a falta de laboratórios e de materiais didácticos adequados dificulta a compreensão prática dos fenómenos eléctricos (Krause & Scheld, 2018; Mutimucuo, 1998; Morales, 2016). Além disso, há poucos estudos sobre estratégias inovadoras para o ensino da electricidade no contexto moçambicano, o que torna difícil a adopção de metodologias mais eficazes (Marco & Pinto, 2003).

A literatura revela que grande parte das dificuldades advém das concepções alternativas dos alunos e pelo método tradicional utilizado pelo professor, que foca muitas vezes na memorização de fórmulas e não na compreensão profunda, o que trás uma visão equivocada dos conceitos (Nascimento, 2010; Andrade, Barbosa, Silveira e Santos, 2018; Lima, 2019; Leão, 2016).

No contexto escolar local, a falta de laboratórios e outros recursos pedagógicos agrava essa situação tornando o ensino teórico insuficiente para superar essas dificuldades, especialmente nos conceitos básicos da electricidade (Krause & Scheld, 2018; Mutimucuo, 1998). Várias pesquisas feitas em outros contextos e internacionalmente indicam que o uso de tecnologias educativas e actividades práticas pode melhorar a aprendizagem (Scarpat Júnior, 2017; Amaral, 2021; Carvalho & Araújo, 2022), mas a sua aplicação prática em escolas moçambicanas ainda enfrenta desafios, dadas as suas limitações.

Esta pesquisa pretende contribuir para a melhoria do ensino da electricidade com estratégias inovadoras ajustadas à realidade das escolas e às necessidades dos alunos. A pergunta que guia esta pesquisa é:

*“Quais são as principais dificuldades de aprendizagem enfrentadas pelos alunos da 11ª e 12ª classes na compreensão dos conceitos básicos de electricidade em três escolas secundárias do Sul de Moçambique?”*

Perante esta realidade, conhecer as ideias que os alunos trazem para a sala de aulas sobre esses conceitos básicos é um passo importante para melhorar as práticas de ensino. Neste sentido, este trabalho tem como objectivo central e específicos os que se apresentam a seguir.

### 1.3 Objectivo Geral da Pesquisa

**Mapear** as dificuldades de aprendizagem dos conceitos básicos de electricidade entre alunos da 11ª e 12ª classes de três escolas secundárias do Sul de Moçambique.

### 1.4 Objectivos Específicos

1. Identificar as dificuldades incluindo as concepções que os alunos da 11ª e 12ª classes enfrentam na aprendizagem dos conceitos de corrente, resistência, diferença de potencial e potência dissipada.
2. Propor estratégias didácticas adequadas que ajudem os alunos a superar essas dificuldades e a construir uma compreensão mais clara dos conceitos estudados.

### 1.5 Perguntas de Pesquisa

1. Quais são as dificuldades incluindo as concepções que os alunos da 11ª e 12ª classes enfrentam na aprendizagem dos conceitos de corrente, resistência, tensão e potência dissipada?
2. Que estratégias didácticas podem ser propostas para ajudar os alunos a superar essas dificuldades e melhorar o seu desenvolvimento conceptual?

## II. DEFINIÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS DE ELECTRICIDADE

### 2.1 Corrente Eléctrica

A corrente eléctrica é definida como o movimento ordenado de cargas eléctricas ao longo de um condutor, o que exige a presença de electrões livres e uma tensão eléctrica aplicada nos seus extremos (MINEDH-DNES, 2021). A partir deste processo manifesta-se o efeito Joule, um fenómeno que provoca o aquecimento do condutor quando por ele passa a corrente eléctrica. Este efeito está na base do funcionamento de equipamentos como aquecedores, chuveiros eléctricos, secadores de cabelo e lâmpadas incandescentes, entre outros.

Na Unidade Temática IV do livro da 11ª Classe, a intensidade da corrente eléctrica (I) é definida como “a quantidade de carga que atravessa uma secção de condutor por unidade de tempo” (MINEDH & DNES, 2021).

#### g Resistência Eléctrica

Paiva e Texeira (2023) consideram que a “resistência eléctrica representa a oposição que um material oferece à passagem de corrente eléctrica” quando é submetido a uma diferença de potencial medida em Ohm. Matematicamente, resistência eléctrica pode ser definida pela primeira lei de Ohm, conforme a equação (1).

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Onde R é a resistência, V a tensão e I a intensidade da corrente eléctrica.

### 2.3 Potencial Eléctrico (Tensão)

A diferença de potencial é o “trabalho realizado por um campo eléctrico ao mover uma carga de prova de um ponto mais distante para um outro ponto mais próximo” (Alvarenga & Máximo, 2006).

### 2.4 Potência Dissipada

A potência eléctrica de um aparelho eléctrico corresponde “a quantidade de energia eléctrica transformada em outras formas de energia, por unidade de tempo, medida em watts” (Scarpati, 2018).

Para favorecer o entendimento integrado dos conceitos de corrente, resistência, tensão e potência dissipada deve-se promover uma aprendizagem significativa, alinhada às necessidades dos alunos e ao contexto social e tecnológico (INDE-MINED, 2010), da seguinte forma:

- Realizar experiências onde os alunos para além de construir circuitos simples, poderão medir as grandezas utilizando instrumentação adequada (multímetro);
- Uso de softwares educacionais para modelar circuitos e visualizar como a variação da resistência afecta a corrente e a potência;
- Resolução de exercícios práticos que envolvam a análise de redes eléctricas e cálculo de tensão em nós e corrente em ramos;
- Promoção de debates reflexivos sobre a eficiência energética de dispositivos e fontes de energia sustentáveis.

Deste modo, as estratégias apresentadas constituem a base para a proposta desta pesquisa, que procura promover o desenvolvimento conceptual dos alunos por meio de práticas inovadoras e adaptadas ao contexto escolar moçambicano.

## 2.5 Tipos de Dificuldades na Aprendizagem de Ciências

A aprendizagem das Ciências Naturais em Moçambique, particularmente de Física, enfrenta uma série de dificuldades. Uma das principais dificuldades é a abstracção dos conceitos científicos, como electrões ou átomos, difíceis de visualizar e contextualizar, levando à formação de concepções alternativas e dificultando a aprendizagem significativa (Nonenmacher, 2007; Nehring, Silva, Trindade, Pietrocola, Leite e Pinheiro, 2000). A superação desses obstáculos exige integração entre os conhecimentos prévios dos alunos e experiências do seu quotidiano (Leão, 2016), bem como metodologias activas que promovam mudança conceptual (Duart & Zanatta, 2016).

Outro desafio reside na linguagem científica, cuja complexidade é agravada pelo facto de poucos alunos moçambicanos terem o português como língua materna (MINEDH, 2020). O uso de termos técnicos e ambíguos pode dificultar a compreensão, sendo necessária a alfabetização científica para uma apropriação efectiva dos conteúdos (Oliveira, Freire, Carvalho, Azevedo, Freire e Baptista, 2009; Nehring et al., 2000).

As metodologias tradicionais, centradas na memorização e uso exclusivo de livros, desmotivam os alunos e pouco contribuem para o desenvolvimento conceptual, sobretudo em contextos com poucos recursos (Melo et al., 2012; Fortes et al., 2021). Bachelard (1996) alerta que esse ensino dogmático – sem questionamento – inibe o espírito científico, afastando os alunos da investigação crítica.

Vários estudantes não conseguem compreender a aplicação dos conteúdos ministrados, o que afecta a motivação e o

processo de aprendizagem (Vilanculo et al., 2020; Melo et al., 2012). Para superar esta dificuldade, recomenda-se a contextualização do ensino e a realização de actividades práticas e experimentais (Nehring et al., 2000).

Do ponto de vista cognitivo, dificuldades como o raciocínio abstracto e a limitação na memória de trabalho afectam o desempenho dos alunos (Mól & Wechsler, 2008). Os “obstáculos epistemológicos”, conforme Bachelard (1996), exigem metodologias que desafiem o senso comum e promovam rupturas construtivas no conhecimento prévio (Lopes & Piaget, 1996; Jófili, 2002).

Factores sociais, culturais e económicos como a pobreza, não uso de electrodomésticos, contribuem para a desigualdade na alfabetização científica dos alunos (MINEDH, 2020). Essa realidade compromete o desenvolvimento de competências científicas e o interesse pelas áreas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

## 2.6 Concepções Alternativas e Dificuldades de Aprendizagem no estudo da electricidade

As concepções alternativas são ideias que os alunos têm e que resultam de experiências pessoais (do senso comum), muitas vezes incompatíveis com a ciência (Duart & Zanatta, 2016). Essas concepções, especialmente no ensino de electricidade, reflectem interpretações individuais sobre fenómenos abstractos ou invisíveis (Gobara et al., 2002). Marcos e Pinto (2003) definem-nas como ideias prévias incorrectas em relação às abordagens científicas, e Freiesleben et al. (2013) afirmam que elas “...criam barreiras para a construção de novos modelos mentais...”.

Essas concepções também são vistas como informações adquiridas na educação informal, mas que não têm base científica (Leão, 2016; Krause & Scheld, 2018). No contexto do ensino de electricidade, elas surgem devido à dificuldade dos alunos em compreender conceitos abstractos, agravada pela falta de recursos, como laboratórios, nas escolas (Duart & Zanatta, 2016). Este é também o caso para a realidade das escolas moçambicanas.

Essas dificuldades de aprendizagem, particularmente na área de electricidade, anteriormente têm sido objecto de pesquisas, especialmente no ensino médio. Por exemplo, Leão (2016) identificou que muitos alunos têm dificuldades em compreender os conceitos básicos como corrente, tensão e resistência devido à natureza abstracta desses conceitos. Ainda segundo este autor, nota-se a confusão entre corrente e tensão, sendo que muitos alunos acreditam que a corrente é consumida nas lâmpadas ou que a resistência reduz a corrente de forma proporcional, considerando que a tensão é constante.

Ainda segundo Krause e Scheld (2018), o estudo realizado com estudantes de engenharia revelou concepções alternativas semelhantes, demonstrando que essas dificuldades não se limitam ao ensino básico, mas também afectam os níveis superiores. Esses resultados reforçam a necessidade de rever as abordagens pedagógicas, tanto no ensino médio quanto no superior, de forma a facilitar a compreensão de conceitos abstractos.

As concepções alternativas representam um grande obstáculo para a aprendizagem, e sua superação é dependente de uma abordagem pedagógica adequada.

**Tabela 1:** Síntese das dificuldades conceptuais e concepções alternativas detectadas e identificadas na literatura (adaptado de Dorneles, 2005; Caldeira, 2008).

Conceitos	Dificuldades conceptuais	Concepções alternativas
1. Corrente eléctrica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compreender que a intensidade da corrente eléctrica num circuito depende das características da fonte, mas também da resistência equivalente do agrupamento acoplada aos seus terminais.</li> <li>2. Considerar a conservação espacial da corrente eléctrica.</li> <li>3. Reconhecer que a intensidade da corrente eléctrica não depende da ordem em que se encontram os elementos no circuito nem do sentido da corrente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>a)... pensar que a corrente é consumida no circuito.</li> <li>b)... pensar que a corrente se desgasta ao passar por uma resistência eléctrica.</li> <li>c)... acreditar que a ordem dos elementos no circuito e o sentido da corrente eléctrica são relevantes.</li> <li>d)... pressupor que a fonte fornece os portadores de carga responsáveis pela corrente eléctrica no circuito.</li> <li>e)... pensar que a bateria é uma fonte de corrente eléctrica constante e não como uma fonte de diferença de potencial constante.</li> <li>f)... perceber a diferença de potencial como uma propriedade da corrente eléctrica.</li> <li>g)... considerar que as diferenças de potencial entre os pontos ao longo do circuito permanecem constante.</li> <li>h)... associar o brilho da lâmpada com o valor do potencial em um dos terminais da lâmpada.</li> <li>i)... frequentemente pensar na resistência equivalente no circuito como se fosse uma propriedade de um elemento individual do circuito.</li> <li>j)... ao determinar como se divide a corrente eléctrica em ramos paralelos de um circuito, considerar somente o número de ramos e não as resistências eléctricas relativas dos vários ramos.</li> <li>k)... pensar que um resistor reduz a corrente por x, dois resistores vão reduzir por 2x, independentemente do arranjo dos resistores.</li> <li>l)... considerar que resistores alinhados em série estão associados em série quer haja uma junção ou não entre eles e que resistores alinhados geometricamente em paralelo mesmo se há uma bateria no ramo.</li> </ol>
2. Diferença de Potencial	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Distinguir os conceitos de diferença de potencial e de corrente eléctrica.</li> <li>2. Distinguir os conceitos de diferença de potencial e de potencial eléctrico.</li> <li>3. Reconhecer que uma bateria ideal mantém uma diferença de potencial constante entre os seus terminais.</li> <li>4. Calcular a diferença de potencial entre pares de pontos ao longo do circuito</li> </ol>	
3. Resistência Eléctrica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Distinguir resistência equivalente de uma parte do circuito e a resistência eléctrica de um elemento individual.</li> <li>2. Perceber que a resistência equivalente é uma abstração útil para obter a corrente total.</li> <li>3. Compreender que a divisão da corrente eléctrica num ponto de junção do circuito depende da configuração do circuito.</li> <li>4. Identificar associações em série e em paralelo, e distinguir as suas implicações no circuito.</li> </ol>	

A Tabela 1 que sintetiza as principais dificuldades conceptuais observadas entre os alunos do ensino médio e superior, bem como as concepções alternativas mais recorrentes associadas a cada conceito abordado, conforme Dorneles (2005) e Caldeira (2008).

As dificuldades e concepções alternativas encontradas mostram que muitos alunos constroem as suas próprias ideias sobre electricidade, muitas vezes baseadas no senso comum ou em experiências do dia a dia. Quando essas ideias não são identificadas nem discutidas em sala de aula, acabam por se manter e atrapalhar a aprendizagem dos conceitos científicos.

## 2.7 Enquadramento teorico da pesquisa

O desenvolvimento conceptual refere-se ao processo de transformação das concepções alternativas dos alunos em conceitos cientificamente aceites (Mortimer, 1996). Este processo implica uma reorganização do conhecimento prévio dos alunos, promovida por interações sociais e experiências que favorecem a construção de novos entendimentos (Duit & Rhöneck, 1998). No contexto desta pesquisa, o desenvolvimento conceptual é fulcral para a evolução das ideias dos alunos sobre os conceitos básicos de electricidade, possibilitando a transição de interpretações intuitivas para um entendimento mais científico e robusto.

Uma das principais contribuições teóricas para essa abordagem é a teoria dos obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard. Segundo Bachelard (1966), os obstáculos epistemológicos são barreiras que dificultam a resolução de problemas científicos, podendo ser de natureza cognitiva ou material. Ele distingue entre “obstáculos materiais” — ligados à falta de recursos — e “obstáculos espirituais”, como concepções errôneas construídas ao longo da experiência (Bachelard, 1947). No ensino da electricidade, essas barreiras manifestam-se, por exemplo, em ideias equivocadas como a de que a corrente eléctrica é consumida pelas lâmpadas. Tais concepções devem ser superadas para que os alunos desenvolvam uma compreensão científica sólida.

Neste estudo, a teoria de Bachelard será utilizada para identificar os obstáculos enfrentados pelos alunos, sendo que a sua superação requer estratégias pedagógicas que desafiem activamente as concepções prévias e incentivem o desenvolvimento conceptual (Bachelard, 1966). Como destaca De Melo (2006), esta superação é essencial ao progresso científico e exige métodos de ensino que integrem teoria e prática, promovendo uma aprendizagem significativa.

Complementarmente, a teoria de Jean Piaget concebe a aprendizagem como “um processo de adaptação, que ocorre por meio da assimilação e da acomodação” (De Castro & Tredezini, 2014). A compreensão dos conceitos básicos de electricidade pode ser favorecida quando se respeitam os estágios do desenvolvimento cognitivo dos alunos, permitindo-lhes reconstruir suas concepções iniciais em direcção a uma compreensão mais científica. Nesta perspectiva, o progresso conceptual será analisado a partir da forma como os alunos ajustam suas interpretações ao entrarem em contacto com novas situações, integrando-as nos seus esquemas cognitivos prévios.

Esta abordagem valoriza práticas pedagógicas que fomentem a participação activa dos alunos na construção do conhecimento, facilitando o equilíbrio entre o que eles já sabem e o que precisam aprender. Nessa linha, a teoria sociocultural de Vygotsky (1978) destaca a importância da mediação social na aprendizagem, ocorrendo na chamada Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que representa o que o aluno pode aprender com o apoio de um interlocutor mais experiente. As ferramentas culturais, como a linguagem, desempenham um papel essencial nesse processo (Vygotsky, 1986).

Neste estudo, a teoria de Vygotsky será aplicada para analisar como as interações sociais e culturais — incluindo as condições socioeconómicas das escolas moçambicanas — influenciam a aprendizagem dos conceitos de electricidade. Será dada especial atenção à importância do suporte pedagógico e de recursos didácticos que auxiliem os alunos a

ultrapassar as dificuldades específicas do seu contexto escolar.

## 2.8 Estratégias Inovadoras de Ensino Centradas no Aluno

Considerando que o ensino dos conceitos básicos da electricidade permanece um desafio nas escolas moçambicanas, torna-se necessário adoptar estratégias inovadoras que coloquem o aluno no centro do processo de aprendizagem e incentivem o desenvolvimento de competências por meio da participação activa.

Entre essas estratégias, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), que convida os alunos a resolverem situações reais, desenvolvendo o pensamento crítico e tornando o professor um facilitador (Lima et al., 2019; Souza & Dourado, 2015). As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e as simulações digitais, como as da plataforma PhET, também têm mostrado bons resultados ao permitir a visualização e manipulação de fenómenos eléctricos, mesmo sem equipamentos físicos de laboratório (Santos, 2006; Neves & dos Santos, 2021).

Outra abordagem eficaz é o método POER – Prediga, Observa, Explica e Reflete –, que, com materiais simples e facilmente acessíveis, incentiva a experimentação prática e a reflexão sobre os fenómenos observados (Leite, 2002; Caldeira, 2008). Esta estratégia é especialmente adequada para realidades escolares com poucos recursos, como é o caso de muitas escolas moçambicanas.

Para reforçar o impacto destas práticas, propõe-se nesta pesquisa a combinação entre o método POER e a abordagem STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). A metodologia STEM, originada nos Estados Unidos e adoptada por vários países, tem um carácter interdisciplinar e estimula a criatividade dos alunos ao integrá-los em projectos práticos e contextualizados. Esta integração permite que os alunos apliquem conhecimentos científicos e matemáticos na construção de soluções, mesmo com recursos de baixo custo, como fios, pilhas, retalhos de madeira ou pequenos motores.

Segundo Neves e dos Santos (2021), estas ferramentas, quando bem articuladas com os conteúdos teóricos, contribuem para uma aprendizagem mais visual, dinâmica e significativa. Em Moçambique, onde as condições de ensino são muitas vezes limitadas, esta abordagem mista entre POER e STEM, com o uso de materiais locais ou recicláveis, representa uma alternativa realista e eficaz para o ensino da electricidade.

Assim, defende-se que a estratégia mais adequada ao contexto moçambicano é a integração entre o POER e a metodologia STEM, utilizando materiais de fácil acesso ou de baixo custo, promovendo, assim, uma aprendizagem mais activa, inclusiva e centrada no aluno.

## III. METODOLOGIA

Quanto a natureza a investigação é empírica, pois baseou-se na recolha de dados directos e observáveis do fenómeno em análise. Neste estudo, procurou-se mapear as dificuldades de aprendizagem e as concepções alternativas dos alunos sobre conceitos básicos da electricidade, com base nas respostas ao questionário diagnóstico.

Quanto a abordagem do problema adaptou-se uma

metodologia mista. A vertente qualitativa permitiu compreender os significados, crenças, atitudes e valores dos participantes, os quais não se reduzem a variáveis mensuráveis (Lima, 2021), enquanto a vertente quantitativa possibilitou a análise numérica das respostas obtidas.

Quanto aos objectivos da pesquisa a investigação teve um enfoque inicial de carácter exploratório, englobando levantamento bibliográfico e aplicação de questionários a alunos com vivências escolares relacionadas ao tema.

E quanto aos procedimentos técnicos, tratou-se de uma pesquisa de campo, “direccionada à descrição e compreensão do fenómeno observado, tanto sob a perspectiva dos dados recolhidos quanto das relações identificadas entre os elementos em análise” (Marconi & Lakatos, 2003). O trabalho centrou-se num número limitado de participantes, sem aplicação de técnicas probabilísticas de amostragem.

## 3.2 População

A população-alvo desta pesquisa foi constituída por 2.392 alunos (1.261 do género feminino e 1.131 do género masculino) que frequentaram a disciplina de Física nas 11ª e 12ª Classes em três escolas seleccionadas e codificadas a saber: Escola Secundária da Manhiça (Escola A), na Província de Maputo, Escola Secundária de Chidenguele-Mandlakazi (Escola B), na Província de Gaza e Escola Secundária 25 de Novembro de Quissico-Zavala (Escola C), na Província de Inhambane. Deste total, 801 alunos (sendo 324 do sexo feminino e 477 do sexo masculino) pertenciam à Escola A; 432 alunos (247 do sexo feminino e 185 do sexo masculino) à Escola B; e 1.159 alunos (690 do sexo feminino e 469 do sexo masculino) à Escola C.

## 3.3 Amostra

A amostra, foi constituída por 132 alunos da 11ª e 12ª Classes, dos quais 62 do género masculino e 61 do género feminino, com idades compreendidas entre os 16 e os 20 anos. Os participantes eram provenientes de três escolas secundárias localizadas na zona sul de Moçambique, sendo 38 alunos da Escola A, 48 da Escola B e 37 da Escola C.

A selecção desta amostra resultou da conveniência e dos critérios definidos pelo projecto interdisciplinar PE-98 da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), entidade responsável pelo financiamento integral da pesquisa. Este número correspondeu aos alunos que compareceram aos encontros marcados para as actividades da pesquisa, embora o limite máximo estabelecido no âmbito do referido projecto fosse de 150 alunos.

Os alunos participantes encontravam-se no quarto estágio do desenvolvimento cognitivo do Piaget (o estágio das operações formais), fase em que “o pensamento já permite a formulação de hipóteses e a dedução de conclusões sem depender exclusivamente da observação concreta” (Piaget, 1999). Tal facto indica que os alunos já eram capazes de realizar raciocínios mais abstractos e elaborados, embora ainda necessitassem de estímulos e orientações adequadas para o desenvolvimento pleno dessa capacidade.



### 3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolha de Dados

A presente pesquisa utilizou dois instrumentos principais: questionário e revisão bibliográfica, cada para responder a cada uma das perguntas de investigação.

Para responder a primeira pergunta (Quais são as dificuldades incluindo as concepções que os alunos da 11ª e 12ª classes enfrentam na aprendizagem dos conceitos de corrente, resistência, tensão e potência dissipada?), foi aplicado um teste de diagnóstico com base no DIRECT (*Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Test*), contendo 15 questões de escolha múltipla (Nascimento, 2010; Caldeira, 2008). O teste de diagnóstico aplicado pode ser encontrado no material complementar deste artigo.

Para a segunda pergunta (Que estratégias didáticas podem ser propostas para ajudar os alunos a superar essas dificuldades e melhorar o seu desenvolvimento conceptual?), recorreu-se à revisão da literatura, que forneceu base teórica para identificar metodologias adequadas ao contexto dessas escolas envolvidas na pesquisa (Fortes et al., 2021; Krause & Scheld, 2018).

Com a aplicação do questionário nas três escolas participantes, foram obtidos dados relevantes que permitem compreender melhor as dificuldades de aprendizagem e as concepções alternativas dos alunos. A seguir, apresentam-se os resultados obtidos, acompanhados da sua respectiva análise e interpretação.

## IV. ANALISE QUANTITATIVO E QUANTITATIVA

Na Tabela 2 apresentam-se os resultados em forma de frequência das respostas onde destacam-se as respostas correctas.

Tabela 2: Respostas por questão (frequência). As respostas correctas estão destacadas em negrito.

Questão	Opções					Acertos (%)	Erros (%)
	A	B	C	D	E		
Q1	54	12	<b>57</b>	---	---	46,34	53,66
Q2	17	17	81	<b>8</b>	---	6,501	93,50
Q3	<b>46</b>	30	46	1	---	37,40	62,60
Q4	20	24	<b>68</b>	9	2	55,28	44,72
Q5	49	9	<b>59</b>	5	1	47,97	52,03
Q6	53	<b>33</b>	37	---	---	26,83	73,17
Q7	39	<b>31</b>	53	---	---	25,20	74,80
Q8	<b>37</b>	5	60	21	---	30,08	69,92
Q9	37	49	<b>37</b>	---	---	30,08	69,92
Q10	12	6	71	<b>34</b>	---	27,64	72,36
Q11	47	32	<b>44</b>	---	---	35,77	64,23
Q12	11	6	65	<b>15</b>	26	12,20	87,80
Q13	35	<b>51</b>	37	---	---	41,46	58,54
Q14	23	25	34	<b>41</b>	---	33,33	66,67
Q15	30	34	<b>59</b>	---	---	47,97	52,03

Observando a Tabela 2 nota-se que, as questões Q3, Q9, Q11 e Q14 apresentaram menor desempenho (< 40%), indicando dificuldades com conceitos abstratos e análise de circuitos. As questões Q2, Q4, Q10 e Q12 tiveram melhor desempenho (> 55%), mostrando bom domínio de conceitos. A maioria das questões (40 – 55%) revela dificuldades moderadas, e os erros distribuídos por várias opções sugerem concepções alternativas diversas.

### 4.1 Análise da Questão Relacionada a Corrente Eléctrica

**Questão 2 (Q2):** No circuito da Figura 1, Se aumentarmos o valor da resistência R o que acontece à corrente nas lâmpadas L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>?

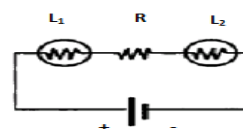


Figura 1. Esquema do circuito eléctrico, usado na Questão 2, contendo as lâmpadas L1 e L2 e o resistor VER.

Opções de resposta para a Q2:

- A. ☐ L<sub>1</sub> mantém-se e L<sub>2</sub> diminui  
 B. ☐ L<sub>2</sub> mantém-se e L<sub>1</sub> diminui  
 C. ☐ L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub> aumentam  
 D. ☒ Outra. Escreve-a aqui? L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub> Diminuem igualmente

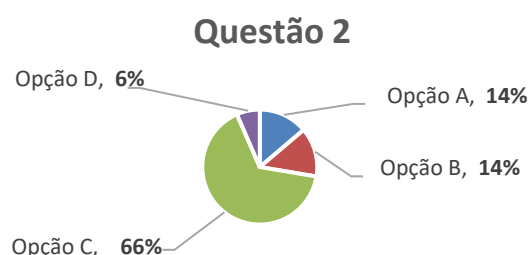


Figura 2. Distribuição das principais respostas da Questão 2 (Q2).

Aproximadamente 86% dos alunos seleccionaram respostas cientificamente incorrectas (Tabela 2 e Figura 2), manifestando três principais concepções:

1. Cerca de 14% dos alunos que escolheram a opção A acreditam que “a corrente eléctrica diminui à medida que atravessa os componentes do circuito”, como se os componentes consumissem parte da corrente. Esta concepção demonstra incompreensão da conservação da corrente em circuitos em série, onde a corrente se mantém constante em todos os pontos.
2. Outros 14% dos alunos pensam que “a corrente diminui logo no início (em L<sub>1</sub>), mantendo-se constante depois”. Esta visão revela confusão entre os efeitos da resistência e a distribuição da corrente, e possivelmente um raciocínio baseado numa leitura sequencial do circuito, como se os componentes fossem percorridos em etapas com efeitos distintos.
3. A maioria, cerca de 66% dos alunos, acredita que “aumentar a resistência faz aumentar a corrente no circuito”, o que contradiz frontalmente a Lei de Ohm ( $I = V/R$ ). Esta ideia errada pode estar relacionada com a associação intuitiva entre mais resistência e “mais energia” no sistema, ou com experiências anteriores mal compreendidas.

Segundo Bachelard (1966) essas concepções são obstáculos epistemológicos de natureza espiritual, resultantes de interpretações intuitivas construídas ao longo da experiência.

Apenas um pequeno grupo de alunos (6%) escolheu a opção 4 (Outra), sendo convidados a escrever a sua própria explicação. Estas respostas estão ilustradas na Tabela 3.

Dentre estes, apenas um aluno apresentou a resposta correcta “L1 e L2 diminuem igualmente”, que reflecte a compreensão adequada de que a corrente diminui globalmente quando se aumenta a resistência total, mas que permanece constante em todos os pontos do circuito em série.

Os restantes alunos que escolheram a opção D, mesmo tendo a possibilidade de justificar livremente, apresentaram respostas que reproduzem concepções alternativas já mencionadas, como a ideia de que apenas uma das lâmpadas é afectada, ou que a corrente se mantém inalterada (Tabela 3).

Tabela 3. Respostas da Opção 4 da questão relacionada à resistência eléctrica

Aluno	Resposta Escrita	Análise
A017	“Ambas diminuem”	✓ Demonstra compreensão adequada da conservação da corrente num circuito em série e do efeito do aumento da resistência total.
A021	“Ambas mantêm”	✗ Indica uma concepção alternativa, possivelmente baseada na ideia de que a resistência adicional afecta apenas parte do circuito, ou desconhecimento do impacto da resistência total na corrente.
A026	“Ambas mantêm”	✗ Semelhante ao A021. Reforça a ideia errada de que a corrente não depende da resistência total.
A031	“Ambas mantêm”	✗ Mostra dificuldade em aplicar a Lei de Ohm ao circuito em série.
A033	“L1 aumenta e L2 diminui”	✗ Esta resposta revela uma grande confusão conceptual: sugere uma corrente que varia entre componentes em série, o que viola a conservação da corrente.
A020	“Ambas mantêm-se”	✗ Repete o erro dos colegas: ausência de compreensão do efeito global do aumento da resistência.

#### 4.2 Análise da Questão Relacionada a Resistência Eléctrica

**Questão 7 (Q7):** “Como varia a resistência equivalente ao fechar o interruptor no circuito da Figura 3 (considere  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ )?”

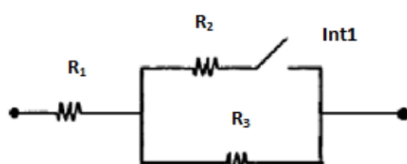


Figura 3. Esquema do circuito eléctrico, usado na Questão 7, contendo os resistores ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) e o interruptor (Int1).

Opções de resposta para a Q2:

- A. ( ) Aumenta  
 B. (X) Diminui  
 C. ( ) Mantém-se a mesma  
 D. ( ) Outra

Ao fechar o interruptor,  $R_2$  passa a funcionar em paralelo com  $R_3$ . Como:

$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow R_{eq1} = \frac{R}{2}$$

E essa resistência equivalente em paralelo ( $R_1$  e  $R_2$ ) está em série com  $R_1$ , logo:

$$R_T = R_1 + R_{eq1} = \frac{R}{2} + R = \frac{3R}{2}$$

Antes, com o ramo de  $R_2$  aberto tínhamos

$$R_T = R_1 + R_3 = 2R$$

Contudo, com as deduções acima conclui-se que resistência total do circuito reduz.

As respostas dos alunos a questão em causa (Q7) revelam que 32% (Figura 4) entende que com o aumento de resistência num circuito com qualquer tipo de ligação sempre resulta no aumento na resistência equivalente total. Esta dificuldade revela problemas no processo de assimilação e acomodação, conforme mencionado por De Castro e Tredezini (2014), uma vez que a nova informação não foi incorporada de forma a promover a reorganização dos esquemas cognitivos já estabelecidos. A compreensão incorrecta sobre a redução da resistência nas ligações em paralelo demonstra a necessidade de estratégias de ensino que permitam aos alunos observar e manipular circuitos, integrando teoria com prática.

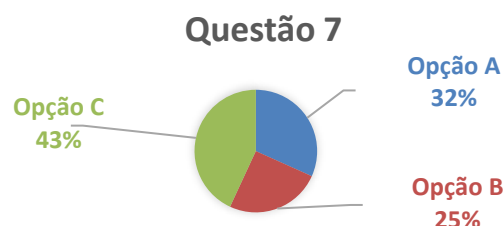


Figura 4. Distribuição das principais respostas da Questão 7 (Q7).

Foi possível identificar que cerca de 43% dos alunos manifestam a ideia de que o resistor  $R_2$  não altera o funcionamento do circuito. Essa interpretação evidencia a dificuldade em reconhecer que a introdução de um novo caminho ( $R_2$ ) modifica de forma efectiva o comportamento eléctrico do circuito.

#### 4.3 Análise da Questão Relacionada a Potência Eléctrica

Quando se adiciona uma resistência em série, a resistência total do circuito aumenta. Isso provoca uma redução da corrente total fornecida pela fonte (já que a corrente em um circuito em série é igual em todos os componentes e obedece à lei de Ohm

Consequentemente, tem-se menor potência dissipada nas lâmpadas  $P = I^2 R$ . Neste caso, o brilho das duas lâmpadas diminui.

Verificou-se que aproximadamente 19% dos alunos considera que a potência dissipada em cada lâmpada está ligada à posição que ocupa no circuito em relação à resistência. Dessa forma, confundem o papel da resistência como reguladora da corrente com a falsa ideia de que ela consome energia e bloqueia a passagem para os outros elementos do circuito.

Tabela 4. Resumo das Dificuldades levantadas na pesquisa

Conceito	Concepções Alternativas	Dificuldades de Aprendizagem
1. Corrente Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A corrente é “consumida” pelos componentes, diminuindo após cada elemento [concepção a) em Dorneles, 2005, p.489, Caldeira, 2008, p.59].</li> <li>- Alunos tratam os elementos do circuito como se operassem de maneira independente [concepção c) em Dorneles, 2005, p.489, Caldeira, 2008, p.59].</li> <li>- Em paralelo, a lâmpada recebe uma maior quantidade de corrente [Nova Concepção – NC]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em compreender que a corrente é constante num circuito em série [Dificuldade 2) em Dorneles, 2005, p.489, Caldeira, 2008, p.59].</li> <li>- Dificuldade em perceber a relação entre a resistência equivalente do circuito e o valor da corrente que nele circula [Nova Dificuldade – ND].</li> <li>- Não consegue entender o efeito da divisão de corrente [Dificuldade 3) em Dorneles, 2005, p.489, Caldeira, 2008, p.59].</li> </ul>
2. Potencial Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A tensão se divide entre os motores em paralelo [NC].</li> <li>- Retirar uma lâmpada de um circuito altera a diferença de potencial entre os pontos onde ela estava [NC].</li> <li>- Crença de que, quando o circuito se encontra aberto, deixa de existir diferença de potencial entre os terminais da pilha [nova concepção].</li> <li>- Duas fontes em paralelo fornecem mais tensão que uma só [NC]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em compreender que a diferença de potencial entre dois pontos ligados por um ramo condutor permanece constante numa ligação em paralelo [Dificuldade 3) em Dorneles, 2005, p.489, Caldeira, 2008, p.59].</li> <li>- Confundem o papel da resistência como reguladora da corrente com a falsa ideia de que ela consome energia e bloqueia a passagem para os outros elementos do circuito [ND].</li> <li>- Dificuldade em compreender que a tensão existe mesmo sem corrente [concepção e) em Dorneles, 2005, p.489, Caldeira, 2008, p.59].</li> </ul>
3. Resistência Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais resistências significam mais energia para cada componente [concepção c em Dorneles, 2005, p.489, Caldeira, 2008, p.59].</li> <li>- Concepção de que, ao somar resistências em série ou em paralelo, a resistência global do circuito cresce inevitavelmente [NC]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitação na compreensão do efeito do aumento da resistência sobre o valor da corrente eléctrica [Dificuldade 2) em Dorneles, 2005, p.489; Caldeira, 2008, p.59].</li> <li>- Dificuldade em compreender o comportamento da resistência equivalente em paralelo [Dificuldade 4) em Dorneles, 2005, p.489, Caldeira, 2008, p.59]</li> </ul>
4. Potência Dissipada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar a resistência faz com que o brilho de apenas uma das lâmpadas diminua, enquanto a outra permanece igual [NC].</li> <li>- O número de fontes não influencia o brilho da lâmpada, ou que a energia se divide entre as fontes, reduzindo o efeito [NC].</li> <li>- Todas as lâmpadas dissipam igual potência, mesmo quando estão ligadas de formas diferentes (série e paralelo) [NC].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em compreender que o aumento da resistência equivalente reduz a corrente e, portanto, a potência dissipada (e o brilho) em todas as lâmpadas [ND]</li> <li>- Dificuldade em compreender a relação entre tensão total, corrente eléctrica e potência dissipada (<math>P = V^2/R</math>), especialmente quando há múltiplas fontes ligadas em série [ND].</li> <li>- Dificuldade em compreender como o tipo de associação (série ou paralelo) afeta a potência dissipada e, portanto, o brilho das lâmpadas [ND].</li> <li>- Dificuldade em compreender o efeito da divisão de corrente [ND]</li> </ul>

Outros 10% acredita que a potência dissipada numa lâmpada só depende da corrente que a atinge directamente, como se a corrente se perdesse ao longo do caminho. Constatou-se igualmente que perto de 45% dos alunos defendem que a intensidade luminosa das lâmpadas não sofre influência das variações na resistência externa, revelando uma fraca compreensão da relação existente entre resistência equivalente, corrente no circuito e potência dissipada.

No geral, confirma-se a persistência de dificuldades de aprendizagem nas três escolas participantes (Tabela 4). A superação dessas dificuldades exige interações mediadas na Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky, 1978).

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do teste diagnóstico indicam que os alunos da 11ª e 12ª classes apresentam concepções alternativas persistentes e dificuldades significativas na compreensão dos conceitos básicos de electricidade, confirmando o objectivo geral de mapear essas dificuldades.

Em relação à corrente eléctrica, muitos alunos acreditam que esta é “consumida” ao longo do circuito ou que diminui após atravessar cada componente, tratando os elementos como se funcionassem de forma independente. Aproximadamente 43% percebem o resistor R como um elemento sem efeito no circuito, enquanto 45% consideram que o brilho das lâmpadas permanece inalterado mesmo com alterações na resistência externa, evidenciando dificuldades em articular os conceitos de corrente, resistência e potência dissipada. Cerca de 19%

confundem a função da resistência como limitadora da corrente com a ideia de que ela consome energia e bloqueia a passagem para os elementos seguintes, configurando uma nova concepção (NC).

Quanto à resistência eléctrica, persistem dificuldades em compreender a resistência equivalente em diferentes configurações e na aplicação correcta da Lei de Ohm. Muitos alunos assumem erroneamente que a adição de resistores aumenta sempre a resistência total, tanto em série quanto em paralelo, caracterizando outra nova concepção.

No que diz respeito ao potencial eléctrico, os alunos acreditam que esta se divide entre motores em paralelo, e que retirando uma lâmpada altera a diferença de potencial, que circuitos abertos não possuem tensão ou que duas fontes em paralelo fornecem mais tensão que uma só. Esses resultados revelam um modelo mental fragmentado e evidenciam a necessidade de intervenções pedagógicas para promover a reconstrução conceptual e a compreensão correcta da diferença de potencial.

Em relação à potência dissipada, verifica-se que predomina um raciocínio local, no qual o brilho das lâmpadas é avaliado de forma independente, sem considerar a relação entre corrente, tensão e potência. Alguns alunos pensam que a potência dissipada depende da posição da lâmpada em relação ao resistor, confundindo ainda a limitação da corrente com a interrupção do fluxo de energia, constituindo outra NC.

Estas concepções alternativas evidenciam um modelo mental construído a partir de experiências do quotidiano,

demonstrando que a aprendizagem anterior não foi suficiente para a construção de conceitos científicos sólidos. Tal cenário está de acordo com Bachelard (1966), que aponta os obstáculos epistemológicos como “barreiras ao desenvolvimento do pensamento científico”, agravados no contexto moçambicano pela escassez de recursos experimentais (Bachelard, 1947).

Para superar essas barreiras, é necessária uma mudança conceptual, transformando concepções alternativas em conceitos cientificamente aceites, processo que envolve reorganização do conhecimento prévio dos alunos (Mortimer, 1996) e é favorecido por interações sociais e experiências que estimulem a construção de novos entendimentos (Duit & Rhöneck, 1998). Neste sentido, é essencial que o professor identifique o ponto de partida de cada aluno e proponha desafios adequados à sua zona de desenvolvimento proximal (Vygotsky, 1984), incentivando a aprendizagem gradual e orientada. Além disso, como sublinha Richit (2004), o aluno deve assumir um papel activo, reforçando a importância de metodologias que promovam participação, reflexão e experimentação.

A integração da estratégia POER (Prediga, Observe, Explique e Reflita) com a abordagem STEM mostra-se particularmente eficaz neste contexto, promovendo actividades prática-experimentais e reflexão crítica sobre os fenómenos observados, mesmo com materiais simples (Leite, 2002; Caldeira, 2008). Estas metodologias permitem que os alunos comparem previsões com observações reais, expliquem fenómenos com base científica e reflitam sobre aplicações no quotidiano (Neves & dos Santos, 2021).

Deste modo, os resultados do pré-teste evidenciam a necessidade de uma intervenção pedagógica estruturada, capaz de provocar conflito cognitivo e favorecer o desenvolvimento conceptual. A implementação da abordagem POER-STEM contribui para a superação das dificuldades diagnosticadas, respondendo às recomendações de pesquisas anteriores (Leão, 2016) e demonstrando que conceitos abstratos como corrente, tensão, resistência e potência podem ser aprendidos de forma activa, significativa e duradoura, mesmo em contextos com limitações de recursos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga, B. & Máximo, A. (2006) – “Física: Ensino médio”, Programa Livro na Escola, editora Scipione, 1ª edição, São Paulo, Brasil.
- Amaral, A. C. D. (2021). *O uso de experimentos reais e virtuais para o ensino de circuitos elétricos simples e automáticos*, Programa de Mestrado Nacional Profissional de Física (Dissertação), CNPQ::CIENCIAS EXATAS E DA TERRA::FÍSICA, Juiz de Fora, Brasil.
- Andrade, F. A. L. Barbosa, G. F., Silveira, F. L. & Santos, C. A. (2018). *Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples*, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, no 3, e 3406, Brasil.
- Bachelard, G. (1966). *La formation de l'esprit scientifique*. (J.Vrin: Paris).
- Bachelard, G.(1947). *Laformation de l'esprit scientifique*. (J.Vrin: Paris).
- Bachelarde, G. (1966). *Laformation de l'esprit scientifique*. (J.Vrin: Paris).

Caldeira, F. J. P. (2008). *A estratégia Prediga-observe-explique suportada por computador na aprendizagem de conceitos da electricidade [Em linha]*”. S.n.], 186 p., Lisboa – Portugal.

Carvalho, P. S e Araújo, P. P. (2022). *Proposta Visual para a retificação da Corrente elétrica alternada: Uma Abordagem Ativa e Inclusiva*, Do campo para a cidade: proposta para uma Educação inclusiva, 1. Ed. Joinville, SC: Editora Santorini, E-Book (ePub; 250 Mb). ISBN 978-65-80065-27-1.

Da Fonseca, J. J. S. (2002) – *Metodologia da pesquisa científica*, Curso de especialização em comunidades virtuais de aprendizagem informática educativa – Universidade Estadual de Ceará.

De Castro, D.F.D.; Tredezini, A.L.D. (2014) . *A Importancia do Jogo/Lúdico no processo de Ensino e Aprendizagem*. Revista Perquirere, p. 166-181.

De Melo, A. (2006). *A construção do objeto turístico: diálogos com a epistemologia de Gaston Bachelard e Pierre Bourdieu*, IV SeminTUR – Seminário de Pesquisa em Turismo do MERCOSUL RS.

Dorneles, P.F.T. (2005). *Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus*, Porto Alegre

Duarte, B. M. & Zanatta, S. C. (2016). *A Enseñanza de Conceptos de la Ciencia y Concepciones Alternativas en el Contexto de las Teorías Epistemológicas del Siglo XX*, Paradigma, Vol. XXXVII, No 1, pp. 26 – 45

Duit, R. & Rhöneck (1998). *Aprendizagem e Compreensão de Conceitos Chave em Eletricidade*, Ver I.C.P.E. Book © International Commission on Physics Education.

Fortes, A. G. Beirão, A. H. F. & Santos A. (2021). *Ensino da Física em Moçambique: desafio das TICs e prática do ensino centrado no aluno*, Revista do professor de Física, v.5, n. 2, p. 44-60, Brasília.

Freiesleben, F. B., Loder, L. L. Becker, M. L. (2013). *Um Debate Acadêmico sobre a Aprendizagem de Circuitos Elétricos: O Estado da Arte, Educação na Era do Conhecimento*, XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia COBENGE, São Paulo, Brasil.

Gobara, S. T. Rosa, P. R. Spinelli, U. G. Bonfim, A. K. (2002). *Estratégias para utilizar o programa Prometeus na Alteração das Concepções em Mecânica* – Revista brasileira de ensino de física, vol. 24, no. 2, Campo grande, Ms, Brasil.

Halfen, T. P. (2025). *Eletricidade e magnetismo no ensino fundamental para a realidade da escola pública atual: Uma proposta pedagógica de modelo misto*, requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Ensino de Ciências nos Anos Finais do Ensino Fundamental.

Halliday, D. & Resnick, R. (1984). *Física*, Livros técnicos e científicos editora S.A., travessa de oliveira, 4ª Edicao, Rio de Janeiro, Brasil.

INDE & MINEDH (2010). Física, Programa da 11ª Classe, Edição ©INDE/MINEDH, n. de Registo: 6271/RLINLD/2010

INDE e MINED (2021). *Física, Programa da 11ª Classe*, n.º de Registo: INDE/MINED – 6271/rlinld, Maputo/Moçambique.

Jófil, Z. (2002) – *Piaget, Vigotsky, Freire e a construção de conhecimento na escola*. Educação, Teorias e práticas, n.2, Universidade Católica de Pernambuco, Brasil.

Scarpat Júnior, A. (2017). *Uma Proposta de Atividades Investigativas com o uso de um Software Simulador de Circuitos Elétricos em Sala de Aula*, Dissertação de Mestrado, Instituto Federal do Espírito Santo – Mestrado Profissional em ensino de Física, Cariacica / Brasil.



- Krause & Scheid (2018). *Concepções Alternativas sobre conceitos básicos de Física de estudantes ingressantes em curso superior da área tecnológica: Um estudo comparativo*, <http://dx.doi.org/10.5335/rep.v25i2.8157>, Brasil.
- Leão, N. M. M (2016). *Concepções Alternativas da Disciplina de Física no primeiro ano do ensino médio em uma escola pública da cidade de Manaus* – Universidade do estado do Amazonas, mestrado acadêmico Educação em Ciência, Manaus, Brasil.
- Leite, Laurinda (2002). *As actividades laboratoriais e o desenvolvimento conceptual e metodológico dos alunos*. In Actas do XV Congresso de ENCIGA. Santiago de Compostela: Boletín das Ciencias, pp. 83-92.
- Lima, F. C. B. (2019). *Experimentos de baixo custo para abordar concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples*, Dissertação (Mestrado – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – UFRS, 143 p. Mossoró.
- Lima, L. S. (2021). *Contribuição da Metodologia na Investigação Científica*, revista de administração do Cesmac, Volume 9, SSN 2675-3766, [lucinetesabino17@gmail.com](mailto:lucinetesabino17@gmail.com).
- Lopes, J. & Piaget, J. (1996) – Nova Escola. A XI, n. 95
- Marconi, M. A. & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*, 5. Ed. – São Paulo.
- Marcos, M. A. Pinto, A. O. (2003). *Dificuldade de alunos na aprendizagem da lei de Ampere à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson- Laird*, revista brasileira do ensino de Física, vol. 25, no. 3, Brasil.
- Melo, E. A., Abreu, F. F., Andrade, A. B. & Araújo, M. I. O (2012). *A aprendizagem de botânica no ensino fundamental: dificuldades e desafios*. Scientia Plena Vol. 8, n.8, Cristóvão-Se, Brasil
- MINED (2020). *Plano Estratégico da Educação 2020 -2029*, por uma Educação Inclusiva, Patriótica e de Qualidade, Maputo-Moçambique, <https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/2020-22-mozambique-esp.pdf>.
- MINEDH (2022). *Plano Curricular do Ensino Secundário (PCES)*, Instituto Nacional do Desenvolvimento Humano (INDE), Maputo-Moçambique.
- MINEDH-DINES (2021). *O meu caderno de actividades de Física 10ª Classe*, Direcção Nacional de Ensino Secundário-MINEDH
- Mól,D. A. R. e Wechsler, S. M. (2008). *Avaliação de crianças com indicação de dificuldades de aprendizagem pela bateria Woodcock-Johnson III*, Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional (ABRAPEE) • Volume 12, pp. 391-399, Campinas – SP, Brasil.
- Morales, C. M. (2016). *Introdução de conceitos de Física sobre Eletricidade no Ensino Fundamental I*, Universidade Estadual de Maringá – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Departamento de Física, Maringá-PR.
- Mortimer, E. F. (1996). *Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para onde vamos?* Investigações em Ensino de Ciências – V1(1), pp.20-39
- Mutimucio, I. V. (1998). *Improving Students Understanding of Energy: A study of the conceptual Development of Mozambican First-Year University Students*, Vrije Universiteit, geboren te Chibuto, Gaza, Mozambique.
- Nascimento, T. L. (2010). *Repensando o Ensino da Física no Ensino Médio*, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza- Ceará, Brasil.
- Nehring, C. M., Silva, C. C., Trindade, J. A. O., Pietrocola, M, Leite, R. C. M. e Pinheiro, T. F. (2000). *As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos*, Ver. Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v.02, n.01, p.88-105, Brasil
- Neves, N. N., & dos Santos, A. R. (2021). *O uso das tecnologias digitais da informação e comunicação para a experimentação no ensino de química: uma proposta usando sequências didáticas*. Scientia Naturalis, 3(1).
- Nonenmacher, H. B. S. E. B. (2007). *O gosto e o aprender no Ensino de Física: Uma Proposta Metodológica*, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 2: p. 194-223, RS – Brasil
- Oliveira, T., Freire, A., Carvalho, C., Azevedo, M., Freire, S. e Baptista, M. (2009). *Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências*, Educar, Curitiba, n. 34, p. 19-33, Editora UFPR, Portugal
- Pereira, P. F. (2022). *Ensino de circuitos eléctricos simples em uma perspectiva Ausubeliana: uma Experiência didáctica com laboratórios didáticos e Peer instruction*, instituto estadual do rio branco, porto alegre.
- Piaget, J. (1999). *A formação do símbolo na criança: Imitação, jogo e sonho, imagem e representação*. 3º ed. Rio de Janeiro: LTC, Tradução: Maria Alice Magalhães D' Amorim e Paulo Sergio Lima Silva – 24º Ed. Rio de Janeiro: ForenseUniversitária.
- Santos, J. L. D. (2006). *A escrita e as TIC em crianças com dificuldades de aprendizagem: um ponto de encontro* (Doctoral dissertation).
- Scarpatti, R. (2018). *Atividades computacionais e experimentais como ferramentas de ensino de electricidade* – Dissertação de Mestrado, Universidade do vale do Taquari, Lageado – Brasil
- Souza, S. C. & Dourado, L. (2015). *Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): Um método de aprendizagem inovadora para o ensino educativo*, Rio grande do Norte, Brasil.
- Vilanculo, J. A., Mutimucio I. V. & Silva C.S. (2020). *Avaliação da Influência das Concepções Alternativas no Ensino e Aprendizagem de Física: Um estudo de caso em Moçambique*, Revista REAMEC, Cuiabá (MT), v. 8, n. 3, p. 515-532
- Vygotsky L. S. (1978). *Mind in Society — The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L.S. (1984). *A formação social da mente*. São Paulo, livraria Martins Fontes Editora Ltda.

# Desenvolvimento de um aplicativo de recomendação de supervisores para PFC com base em Inteligência Artificial

Rafael Beto Mpfumo e Walter Conceição

Departamento de Tecnologias da Informação e Comunicação, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [rmphfumo@isutc.ac.mz](mailto:rmphfumo@isutc.ac.mz)

**Resumo** – A escolha de um supervisor de projecto Final de Curso (PFC) é um passo crucial para o sucesso académico e profissional do estudante. A decisão, no entanto, é frequentemente um desafio devido à falta de informações claras sobre a compatibilidade entre as áreas de interesse do aluno e a expertise dos professores. Este projecto tem como objectivo desenvolver um algoritmo baseado em Inteligência Artificial (IA) para recomendar supervisores de PFC de forma eficiente, baseando-se nos interesses de pesquisa dos alunos e nas publicações dos docentes. Adoptando a metodologia *Design Science Research* (DSR), o artefacto foi construído utilizando Processamento de Linguagem Natural (NLP), especificamente a vectorização TF-IDF e o cálculo de Similaridade de Cosseno. Os testes de validação com 100 resumos de alunos demonstraram um desempenho promissor, alcançando uma acurácia Top-3 de 92% (o supervisor mais compatível estava entre os três primeiros recomendados). A eficiência do processo foi aprimorada em 95%, reduzindo o tempo de alocação de horas para poucos minutos. A pesquisa conclui que o sistema de recomendação é uma solução viável para otimizar a alocação de supervisores de PFC, melhorando a qualidade dos projectos desenvolvidos e a experiência académica dos estudantes.

**Palavras-chaves** – Alocação de Supervisores; Projeto Final de Curso (PFC); Siste-mas de Recomendação (SR); Processamento de Linguagem Natural (NLP); Design Science Research (DSR).

## h INTRODUÇÃO

A evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), especialmente no campo da Inteligência Artificial (IA), tem permitido a criação de sistemas capazes de resolver problemas complexos em diversas áreas, incluindo a educação. Um dos desafios recorrentes nas instituições de ensino superior é a alocação de supervisores para projetos Finais de Curso (PFC). A compatibilidade entre o tema de pesquisa do aluno e a área de especialização do professor é um fator crítico para o sucesso do projecto (Baker & Yacef, 2009).

A escolha do supervisor impacta directamente a qualidade do trabalho, o desenvolvimento de habilidades do aluno e, em última instância, sua trajectória profissional. A falta de um sistema formal e baseado em dados para essa alocação muitas vezes resulta em escolhas sub-rotinas, baseadas em indicações informais ou na disponibilidade de professores, e não na sua real expertise. Isso pode levar a projetos com menor relevância, desalinhados com a pesquisa do docente, e a uma experiência de supervisão insatisfatória.

A IA, com seus avanços em Processamento de Linguagem Natural (NLP) e Sistemas de Recomendação (SR), oferece uma solução promissora para este problema (Gao et al., 2020). Sistemas de recomendação já são amplamente utilizados em

plataformas de e-commerce e serviços de *streaming* (Smith & Jones, 2023). Adaptar essa tecnologia para o ambiente académico pode otimizar o processo de alocação de supervisores, garantindo que a escolha seja feita de forma mais informada e estratégica.

Este projecto visa, portanto, desenvolver um aplicativo de recomendação de supervisores para PFC, utilizando um algoritmo de IA capaz de analisar e combinar os interesses de pesquisa de alunos e professores, servindo como uma ferramenta valiosa para estudantes e coordenações de curso.

## II. REVISÃO DA LITERATURA: CONCEITOS E APLICAÇÕES

Esta secção define os conceitos fundamentais que sustentam a pesquisa.

### 2.1 Sistemas de Recomendação (SR)

Sistemas de Recomendação (SR) são ferramentas de filtragem de informação que buscam prever a preferência de um usuário por um item. Eles são geralmente classificados em filtragem colaborativa (baseada em semelhanças entre usuários) ou filtragem baseada em conteúdo (baseada em semelhanças entre os atributos dos itens e as preferências do usuário) (Marx & Muller, 2018). No contexto académico, a recomendação de supervisores é um problema de recomendação baseada em conteúdo, onde o “item” (supervisor) e a “preferência” (o tema do aluno) são descritos por texto.

### i Processamento de Linguagem Natural (NLP)

O Processamento de Linguagem Natural (NLP) é um campo da IA que permite aos computadores entender, interpretar e gerar linguagem humana. Para problemas de recomendação baseada em texto, o NLP é crucial. A técnica *TF-IDF* (*Term Frequency-Inverse Document Frequency*) é a ferramenta padrão para quantificar a importância de uma palavra em um documento em relação a um corpus (coleção de documentos), transformando texto em vetores numéricos para análise matemática (Baker & Yacef, 2009). A Similaridade de Cosseno é subsequentemente usada nesses vetores para medir a proximidade temática.

### 2.3 Pesquisa Orientada ao Design Science Research – (DSR)

A metodologia DSR é fundamental em sistemas de informação. Conforme definido por Marx e Müller (2018), o objectivo da DSR é construir e avaliar um artefacto (modelo,

método ou sistema) para resolver um problema relevante. A *DSR* aumenta a relevância da pesquisa ao produzir soluções aplicáveis a problemas reais, como a alocação ineficiente de supervisores.

### III. METODOLOGIA

### 3.1 Tipo de investigação e Procedimentos

Neste projecto, foi utilizada uma pesquisa aplicada com abordagem metodológica mista.

1. **Componente Qualitativa (*DSR*):** Focado no Estudo de Caso (ISUTC) e na Análise Documental/Entrevistas (colecta de dados qualitativos sobre o fluxo de trabalho e expectativas dos *stakeholders*) para garantir que o artefacto fosse útil e utilizável. A Figura 1 ilustra o ciclo iterativo do *DSR*.
2. **Componente Quantitativa (Modelagem Preditiva):** Focada no tratamento estatístico dos dados de texto (resumos e perfis) para construir e validar o algoritmo.

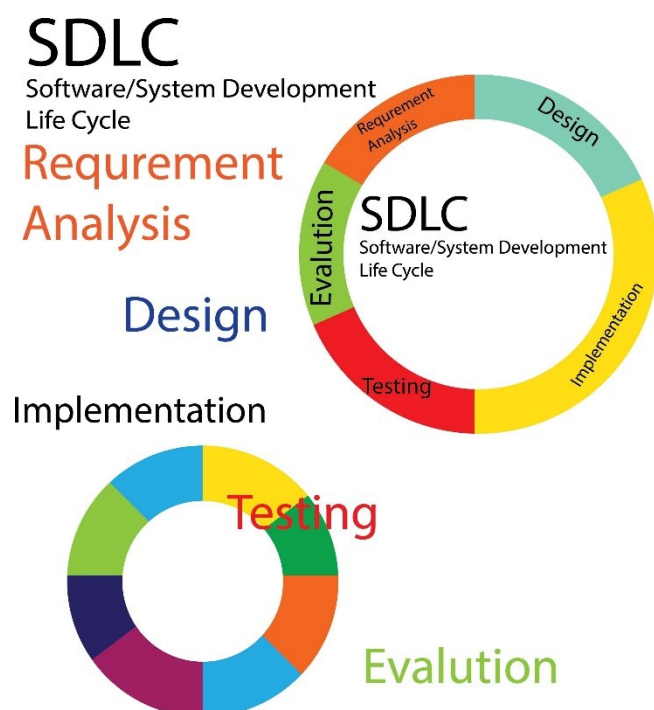


Figura 1. Ciclo de implementação da metodologia *DSR*. (Fonte: [Sdlc System Development Life Cycle: vector de stock \(libre de regalías\) 334217498 | Shutterstock](#))

### 3.2 Procedimentos e Tratamento Estatístico dos Dados

- **Análise Documental:** Identificação de 150 perfis de professores e 500 resumos de projectos de PFC para criar a base de dados de perfis de pesquisa.
- **Vectorização (Tratamento Estatístico):** Os resumos foram submetidos ao algoritmo *TF-IDF* [1], que gerou um vector de pesos para cada documento (aluno e professor). Esta é a principal etapa de tratamento estatístico quantitativo de dados não estruturados, transformando o texto em uma representação numérica.
- **Similaridade (Tratamento Estatístico):** Para medir a compatibilidade temática (a relação estatística entre vetores), foi empregado o algoritmo de Similaridade de

Cosseno (Cosine Similarity). Esta métrica calcula o ângulo entre os vetores TF-IDF dos perfis de aluno e professor, resultando em um escore de 0 a 1, onde 1 indica similaridade temática perfeita.

- **Validação:** A performance do sistema foi avaliada usando a métrica de Acurácia Top-N sobre o conjunto de testes (100 resumos), garantindo a validade predictiva do modelo (Gao et al., 2020).

### 3.3 Metodologia de Desenvolvimento (*Design Science Research – DSR*)

O processo de desenvolvimento seguiu o ciclo do *DSR*. A Figura 1 representa o ciclo de implementação da metodologia.

## IV. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO ARTEFACTO

O projecto resultou no desenvolvimento de um protótipo funcional do aplicativo de recomendação. O modelo se mostrou capaz de analisar as áreas de interesse dos alunos e compará-las com os perfis de pesquisa dos professores, gerando uma lista de supervisores ordenada por grau de compatibilidade.

## 4.1 Arquitetura e Fluxo de Processamento

A solução foi implementada com base numa arquitetura de múltiplos níveis (*N-Tier*):

- **Camada Cliente (*Front-end*):** Interface web em React para recolha de dados e exibição das recomendações (Figura 2).
- **Camada de Aplicação (*Back-end*):** Servidor *Flask* em *Python*, responsável pelo algoritmo de NLP, cálculo da similaridade, e exposição da *API RESTful*.
- **Camada de Dados (*Database*):** Base de dados *PostgreSQL* (*Supabase*) que armazena os perfis de supervisores e dados históricos.

O diagrama do modelo de recomendação (Figura 2) detalha o fluxo de processamento: (Segue a descrição das etapas do diagrama: **Entrada de dados** → **Pré-processamento** → **Vectorização** → **Cálculo de similaridade** → **Recomendação**).



Figura 2: Interface do modelo de recomendação.

## 4.2 Conjunto de Dados e Eficiência Operacional

A base de dados foi construída com um total de 150 perfis de professores e 500 resumos de projectos de alunos.

garantindo uma base robusta para treinamento e validação. A Tabela 1 representa o conjunto de dados.

Tabela 1: Conjunto de dados usados no treino e no teste do modelo

Conjunto	Número de perfis de professores	Número de resumos de alunos
Treino	100	400
Teste	50	100

O principal ganho do artefacto reside na eficiência operacional. O processo manual de alocação, que envolve a leitura demorada dos resumos pela coordenação, exige várias horas de trabalho. O algoritmo de IA processa 100 resumos e gera o *ranking* de compatibilidade em menos de 5 minutos, resultando num aumento de eficiência de aproximadamente 95% na etapa de triagem inicial.

4.3 Avaliação de Desempenho e Acurácia

O algoritmo foi avaliado utilizando a acurácia *Top-N*, que mede a probabilidade do supervisor ideal estar entre as N primeiras recomendações do sistema.

Tabela 2: Métricas de Desempenho do Algoritmo de Similaridade

Métrica	Resultado	Significado
Acurácia Top 1	76%	Em 76% dos casos, o supervisor ideal foi o primeiro recomendado.
Acurácia Top 3	92%	Em 92% dos casos, o supervisor ideal estava entre os 3 primeiros.
Acurácia Top 5	98%	Em 98% dos casos, o supervisor ideal estava entre os 5 primeiros.

O desempenho do sistema de 92% de Acurácia Top-3 (Tabela 2) demonstra que o algoritmo de *TF-IDF*/Similaridade de Cosseno é altamente eficaz na identificação da compatibilidade temática entre aluno e professor.

V. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento de um aplicativo de recomendação de supervisores de PFC baseado em Processamento de Linguagem Natural (*NLP*) demonstrou ser uma abordagem viável e altamente eficaz para otimizar um processo académico crítico. Os resultados alcançados, com 92% de Acurácia Top-3, indicam que o algoritmo de *TF-IDF*/Similaridade de Cosseno pode fornecer recomendações precisas e personalizadas, alinhando os interesses dos alunos com a expertise dos professores.

A implementação deste sistema pode contribuir positivamente para a qualidade dos projetos académicos e a eficiência da gestão universitária, com uma redução de 95% no tempo de triagem, resolvendo um problema recorrente nas IES (Smith & Jones, 2023; Li, 2021).

O projecto abre portas para futuras pesquisas, como a incorporação de outros fatores na recomendação (ex., disponibilidade do professor, histórico de sucesso de

supervisão) e o uso de modelos mais complexos (como *Deep Learning*), uma vez que dados históricos reais e abrangentes se tornarem disponíveis (Wilson, 2022).

REFERÊNCIAS

[1] Baker, R. S., & Yacef, K. (2009). The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. *Journal of educational data mining*, 1(1), 3-17..

[2] Gao, F.; Wang, T.; Shen, J. (2020). Applications of machine learning in educational technology. *Interactive learning environments*, vol. 28, no. 1, pp. 1-19.

[3] Smith, J. A. (2020) *Research methods in applied science: principles and practice*. Scientific publishing house.

[4] Marx, K. A.; Müller, R. S. (2018). Design science research in information systems. *Mis quarterly*, vol. 30, no. 3, pp. 637-677.

[5] Smith, M. A.; Jones, D. M. (2023) The digital revolution in human resources: ai-driven recruitment and selection. *J. Modern business*, vol. 45, no. 2, pp. 112–125.

[6] Li, R. (2021). Mitigating bias in ai-based recruitment systems. *J. Artif. Intell. Ethics*, vol. 10, no. 1, pp. 45–61.

[7] Wilson, A. D. (2022). AI and the future of work: a global perspective on recruitment. *Global technology review*, vol. 18, no. 4, pp. 78–92.



# Entre amostras mínimas e representatividade: uma análise estatística com base no inquérito de satisfação do ISUTC

Isac Ismael Quenchane Agy Ilal

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Básicas, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [iilal@isutc.ac.mz](mailto:iilal@isutc.ac.mz)

**Resumo** – Este estudo tem como objectivo principal o de investigar o comportamento do tamanho da amostra em contextos de inferência estatística, por meio da aplicação prática a um inquérito de satisfação estudantil no ISUTC. Esta investigação parte do princípio de que amostras estatisticamente bem definidas são capazes de gerar inferências confiáveis, mesmo em populações finitas e heterogêneas. Foram analisadas três abordagens amostrais: uma amostra mínima calculada com base em fórmulas para populações finitas, uma amostra estabilizada e o censo da população estudantil. Os resultados revelam que os padrões de resposta mantêm-se estáveis entre as abordagens, com pequenas variações nos indicadores de satisfação, especialmente nas categorias relacionadas à infraestrutura tecnológica e aos serviços pedagógicos. A análise confirma a existência de um ponto de estabilização no tamanho da amostra, a partir do qual o aumento do número de respondentes não altera significativamente os resultados. Conclui-se que o uso de uma amostra mínima bem delineada, obtida por métodos probabilísticos, é suficiente para garantir representatividade e economia de recursos, sendo recomendável para diagnósticos institucionais em larga escala.

**Palavras-chaves** – *Tamanho Mínimo da Amostra, Inferência Estatística, Estabilidade, Satisfação Estudantil.*

## I. INTRODUÇÃO

A determinação do tamanho da amostra é um dos principais desafios metodológicos em pesquisas estatísticas e científicas. Garantir a representatividade dos dados colectados sem desperdício de recursos exige a escolha criteriosa de abordagens e fórmulas adequadas. No entanto, a definição de um tamanho mínimo que assegure inferências estatisticamente robustas permanece um tema de discussão.

Mesmo existindo diferentes fórmulas para o cálculo do tamanho mínimo da amostra, muitas delas dependem de parâmetros como por exemplo a variabilidade da população, que nem sempre são conhecidos. Isso pode levar a estimativas não adequadas, comprometendo a validade das conclusões encontradas. Amostras subdimensionadas podem gerar resultados pouco confiáveis, enquanto amostras superdimensionadas aumentam os custos sem um ganho proporcional na precisão das estimativas.

Um erro comum na definição do tamanho da amostra é a crença de que amostras maiores sempre proporcionam melhores resultados ou que pequenas amostras são suficientes sem justificativa estatística. A falta de conhecimento sobre métodos apropriados pode comprometer a qualidade das inferências e a representatividade dos dados.

Este artigo procura esclarecer esses aspectos por meio de simulações estatísticas que analisam a estabilidade do tamanho mínimo da amostra. A metodologia adoptada utiliza a fórmula para populações finitas com variância desconhecida, o que proporciona uma abordagem realista para

diferentes contextos de pesquisa. Como estudo de caso, foi aplicada essa abordagem a um inquérito de satisfação dos estudantes do ISUTC, destacando a importância de um delineamento amostral criterioso para garantir inferências confiáveis e representativas.

Além disso, para que um estudo baseado em amostra seja conclusivo, os critérios utilizados para a selecção dos elementos da população que farão parte da amostra devem seguir princípios probabilísticos, garantindo a isenção de viés e a validade das inferências estatísticas. Dessa forma, deve ser conduzido um processo de amostragem minucioso, de modo a assegurar que a composição da amostra reflita as características da população estudada.

## 1.1 Problema de Pesquisa

A definição do tamanho mínimo da amostra é um factor essencial para assegurar a confiabilidade e precisão da inferência em estatística. Em estudos de satisfação estudantil, há frequente incerteza sobre o número ideal de participantes necessários para garantir validade estatística, o que pode levar a decisões equivocadas.

Apesar da disponibilidade de metodologias para esse cálculo, a variabilidade populacional nem sempre é conhecida, tornando essencial o uso de abordagens apropriadas para populações finitas. A definição arbitrária do tamanho da amostra pode comprometer a representatividade dos dados, levando a conclusões enviesadas ou estatisticamente frágeis.

"Diante desse contexto, este estudo busca responder à seguinte questão: *qual é o tamanho mínimo adequado para garantir inferências estatísticas confiáveis?* Além disso, investiga-se a existência de um ponto a partir do qual, mesmo com o aumento do tamanho da população, o tamanho da amostra se mantém constante.

Para responder a essa questão, realizaram-se simulações estatísticas aplicadas ao inquérito de satisfação geral dos estudantes do Instituto Superior de Transportes e Comunicações (ISUTC), analisando como diferentes tamanhos amostrais afectam a estabilidade das estimativas. O objectivo é fornecer directrizes claras para pesquisadores e gestores académicos sobre a determinação do tamanho mínimo necessário para garantir inferências estatisticamente robustas e economicamente viáveis.

Para resolver o problema traçaram-se os seguintes objectivos:

## 1.2 Objectivo Geral

Determinar o tamanho mínimo da amostra necessário para garantir inferências estatísticas confiáveis e investigar a existência de um ponto de estabilização, a partir do qual o

aumento do tamanho da população não resulta em variações significativas no tamanho da amostra.

### 1.3 Objetivos Específicos

- Explicar os conceitos fundamentais de tamanho mínimo de amostra e sua relevância para inferência estatística;
- Apresentar métodos estatísticos e critérios práticos para definir um tamanho mínimo adequado;
- Analisar o comportamento do tamanho da amostra à medida que o tamanho da população aumenta, identificando o ponto em que a amostra se estabiliza e variações populacionais não impactam significativamente sua magnitude;
- Demonstrar, por meio de simulações, que a partir de um ponto crítico, o aumento do tamanho da amostra não impacta significativamente os resultados;
- Aplicar as simulações ao inquérito de satisfação geral dos estudantes do ISUTC, avaliando a relação entre tamanho da amostra e estabilidade dos resultados;
- Identificar equívocos comuns e esclarecer a relação entre tamanho da amostra e precisão estatística.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

A determinação do tamanho adequado da amostra é amplamente discutida devido à sua relevância na obtenção de resultados confiáveis e na otimização de recursos. Várias abordagens metodológicas têm sido propostas para o cálculo do tamanho mínimo da amostra, levando em conta factores como inferência estatística, estabilidade das estimativas e aplicação em estudos científicos.

### 2.1 Tamanho Mínimo da Amostra

Gil (2019) enfatiza que a definição do tamanho da amostra deve considerar o nível de confiança, a margem de erro e a variabilidade da população. Ele alerta que amostras muito grandes podem desperdiçar recursos, enquanto amostras pequenas comprometem a confiabilidade dos resultados. Marôco (2021) complementa essa visão ao destacar o uso de softwares estatísticos, como o SPSS, que facilitam cálculos precisos ao lidar com múltiplas variáveis simultaneamente.

A fórmula frequentemente utilizada para o cálculo do tamanho mínimo da amostra em populações finitas é:

$$n = \frac{N \times Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \times p \times (1-p)}{(N-1) \times e^2 + Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \times p \times (1-p)} \quad (1)$$

Onde:

$n$  – é o tamanho da amostra;

$N$  – é o tamanho da população;

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$  - é o valor da distribuição normal padronizada

correspondente ao nível de confiança desejado;

$p$  – a é a proporção esperada da característica estudada;

$e$  – é a margem de erro.

Esta fórmula permite determinar um tamanho da amostra adequado levando em conta a população finita e minimizando erros de amostragem.

### 2.2 Inferência Estatística e Estabilidade

A literatura demonstra que a inferência estatística depende directamente do tamanho da amostra adequado. Fonseca e Martins (2020) argumentam que, em pesquisas de satisfação, a heterogeneidade da população e os objectivos do estudo são essenciais na determinação do tamanho da amostra. Além disso, abordagens estatísticas como simulações Monte Carlo podem ser usadas para verificar a estabilidade das estimativas à medida que o tamanho da amostra aumenta.

Estudos recentes indicam que existe um ponto de estabilização no qual o aumento da amostra não melhora significativamente a confiabilidade dos resultados. Segundo Batista e Silva (2022), a partir de um certo número de observações, as estimativas se tornam consistentes, tornando desnecessário o acréscimo de mais participantes.

### 2.3 Satisfação Estudantil

Em pesquisas sobre satisfação estudantil, a representatividade da amostra é um factor determinante para a validade das conclusões. Estudos como o de Oliveira et al. (2021) demonstram que a satisfação académica é influenciada por múltiplos factores, como infraestrutura, qualidade do ensino e suporte institucional. Dessa forma, definir um tamanho amostral adequado permite garantir que as respostas capturadas reflectam de maneira precisa a percepção geral dos estudantes.

Além disso, fontes online como o *Statorials* e a *QuestionPro* oferecem diretrizes práticas para calcular o tamanho da amostra com base no nível de significância, desvio padrão e margem de erro desejada, destacando a importância de uma amostra representativa para a confiabilidade das inferências.

A literatura converge na ideia de que o tamanho ideal da amostra deve ser definido de acordo com as particularidades de cada estudo, levando em consideração a população-alvo, os recursos disponíveis e os objectivos da pesquisa. A compreensão desses factores é essencial para garantir resultados estatisticamente sólidos e aplicáveis ao contexto estudado.

## III. METODOLOGIA

Este estudo segue uma abordagem quantitativa baseada em simulações estatísticas aplicadas ao inquérito de satisfação geral dos estudantes do ISUTC.

### 3.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa é quantitativa, com carácter experimental e exploratório, utilizando técnicas de simulação estatística para modelar o comportamento do tamanho da amostra e sua influência nas inferências obtidas no inquérito de satisfação estudantil.

### 3.2 Caso de Estudo: Inquérito de Satisfação Geral dos Estudantes do ISUTC (2º Semestre de 2024)

O estudo utiliza dados do inquérito de satisfação geral dos estudantes do ISUTC, feito no 2º semestre de 2024, como base para a simulação do comportamento do tamanho da amostra. Foram analisados:

1. Indicadores de satisfação dos estudantes com os serviços acadêmicos e administrativos;
2. Amostras extraídas aleatoriamente de diferentes tamanhos para avaliar a estabilidade estatística das inferências;
3. Comparação entre os resultados obtidos em diferentes tamanhos amostrais para identificar o ponto de estabilização das estimativas.

### 3.3 Procedimentos de Simulação

1. Geração de amostras com diferentes tamanhos;
2. Geração de estatísticas para análise de dados para os diferentes tamanhos da amostra obtidos;
3. Comparação dos resultados para identificar se existem diferenças significativas nos resultados obtidos.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Comportamento Assintótico do Tamanho da Amostra em Populações Crescentes

O tamanho da amostra não cresce indefinidamente à medida que o tamanho da população aumenta. Pelo contrário, observa-se um comportamento assintótico, no qual o tamanho da amostra se aproxima de um valor constante, conhecido como tamanho mínimo da amostra para população infinita.

A fórmula clássica para estimar o tamanho da amostra com correção para populações finitas é dada por:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times (1-p)}{(N-1) \times e^2 + Z_{\alpha}^2 \times p \times (1-p)}$$

Quando  $N \rightarrow \infty$  tem-se:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times (1-p)}{(N-1) \times e^2 + Z_{\alpha}^2 \times p \times (1-p)}$$

Se dividirmos o numerador e o denominador por N, então:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times p \times (1-p)}{e^2} \quad (B)$$

Esse resultado evidencia que, independentemente de quão grande seja a população, o tamanho da amostra tende à estabilização, deixando de depender diretamente de N. A equação passa então a depender apenas do nível de confiança (Z), da variabilidade esperada na população (p) e do erro amostral admissível (e).

Na prática, essa estabilização justifica a adoção da fórmula para população infinita sempre que a população for suficientemente grande. De acordo com Bolfarine e Bussab (2005), quando o tamanho da população é pelo menos 20 vezes maior do que o tamanho da amostra estimada para população infinita, a correção finita pode ser desconsiderada, pois seu impacto torna-se desprezível.

Para ilustrar, utilizando a fórmula (B), com um nível de confiança de 90% (isto é,  $Z=1,645$ ), erro amostral de 5%

( $e=0,05$ ) e proporção estimada de 50% ( $p=0,5$ ), obtém-se:

$$n_{\infty} = \frac{(1.645)^2 \times 0.25}{(0.05)^2} = \frac{0.6765}{0.0025} = 270.60$$

O gráfico da Figura 1 ilustra essa tendência, evidenciando como o tamanho da amostra se aproxima progressivamente de um valor constante à medida que a população cresce.

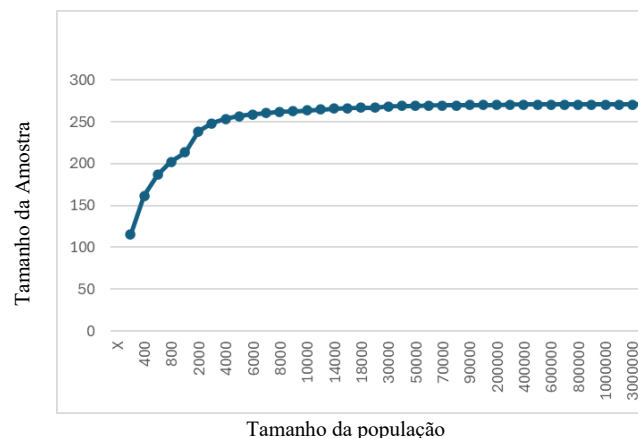


Figura 1. Gráfico ilustrando estabilização do tamanho da amostra com o aumento do tamanho da população.

### 4.2 Aplicação dos Resultados ao Inquérito de Satisfação dos Estudantes do ISUTC

A determinação do tamanho da amostra é uma etapa fundamental em estudos estatísticos, especialmente quando se pretende obter inferências confiáveis sobre uma população-alvo sem recorrer ao levantamento exaustivo de dados. No contexto do inquérito de satisfação dos estudantes do ISUTC, torna-se essencial encontrar um equilíbrio entre a precisão dos resultados e a viabilidade operacional da recolha de dados.

Neste sentido analisa-se três estratégias distintas de definição amostral, aplicadas ao mesmo conjunto de dados. Cada estratégia reflecte um nível de compromisso entre a confiabilidade estatística e a optimização de recursos. A primeira baseia-se no tamanho mínimo da amostra, definido por fórmulas estatísticas para populações grandes. A segunda considera uma amostra estabilizada, que representa o ponto em que o aumento do número de observações deixa de alterar significativamente os resultados. Por fim, a terceira abordagem recorre à população total disponível, equivalente à aplicação de um censo.

A análise comparativa entre essas três abordagens permite compreender até que ponto tamanhos amostrais menores, porém criteriosamente definidos, podem produzir conclusões robustas e representativas, oferecendo assim suporte técnico e metodológico para futuras aplicações de inquéritos institucionais.

#### 4.2.1 Resultados obtidos usando a amostra mínima

O inquérito sobre a qualidade do ensino no ISUTC, realizado no segundo semestre de 2024, que teve como objectivo captar a percepção dos estudantes sobre diversas dimensões institucionais, nomeadamente qualidade pedagógica, infraestrutura, serviços administrativos, apoio ao estudante e acesso à internet. As respostas foram analisadas com base em uma escala ordinal de satisfação: "Muito

Insatisfeito", "Insatisfeito", "Indiferente", "Satisfeito" e "Muito Satisfeito".

Nesta primeira fase, foi utilizada uma amostra mínima de 236 estudantes, seleccionada aleatoriamente por meio da função de sorteio do SPSS, com base na fórmula clássica para determinação de tamanho amostral (fórmula [A]), considerando  $Z = 1,645$  (nível de confiança de 90%),  $p = 0,5$  (máxima variabilidade),  $e = 0,05$  (erro amostral de 5%), isto é:

$$n = \frac{1821 \times (1.645)^2 \times 0.25}{1820 \times (0.05)^2 + (1.645)^2 \times 0.25} \approx 236$$

Para poder ter uma percepção sobre a possível influencia que o tamanho da amostra tem nos resultados, focou-se apenas no construto "Qualidade do Ensino no ISUTC", operacionalizado pelas seguintes categorias: 1. Nível de exigência, 2. Serviços de internet, 3. Procedimentos e instrumentos de avaliação, 4. Cumprimento das matérias previstas no plano de estudo, 5. Participação inclusiva dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, 6. Disponibilidade dos docentes para esclarecimento de dúvidas.

Os principais resultados, usando um tamanho mínimo de amostra de 236 estudantes estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Qualidade de ensino no ISUTC, para um tamanho mínimo da amostra (Dezembro de 2024).

	Muito insatisfeito	Muito insatisfeito	Indiferente	Satisfeito	Muito satisfeito
Nível de exigência	N 7	5	33	61	130
	% 3.0%	2.1%	14.0%	25.8%	55.1%
Serviços e internet	N 71	64	59	20	22
	% 30.1%	27.1%	25.0%	8.5%	9.3%
Procedimentos e Instrumentos de Avaliação	N 15	23	78	69	51
	% 6.4%	9.7%	33.1%	29.2%	21.6%
Cumprimento das matérias previstas no plano de estudo das disciplinas	N 13	12	58	82	71
	% 5.5%	5.1%	24.6%	34.7%	30.1%
Participação inclusiva dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem	N 6	18	69	83	60
	% 2.5%	7.6%	29.2%	35.2%	25.4%
Esclarecimentos dos docentes para esclarecimento de dúvidas/acompanhamento	N 8	19	72	78	59
	% 3.4%	8.1%	30.5%	33.1%	25.0%

A análise dos dados revela que o nível de exigência académica foi o item mais bem avaliado pelos estudantes, com um total de 80,9% de satisfação (25,8% satisfeitos e 55,1% muito satisfeitos), refletindo o reconhecimento positivo quanto à qualidade e rigor do processo de ensino. Em contrapartida, os serviços de internet surgem como o aspecto mais crítico, com uma taxa de insatisfação de 57,2%, sinalizando uma fragilidade significativa na infraestrutura digital da instituição.

No que se refere aos procedimentos e instrumentos de avaliação, observou-se um equilíbrio entre satisfação (50,8%) e neutralidade (33,1%), o que sugere incertezas dos estudantes quanto à clareza, justiça ou aplicação dos critérios avaliativos. Já o cumprimento das matérias previstas obteve 64,8% de aprovação, embora 24,6% tenham se posicionado como

indiferentes, o que pode indicar desigualdade na execução do plano de ensino entre diferentes disciplinas ou cursos.

A participação inclusiva dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem e a disponibilidade dos docentes para esclarecimento de dúvidas foram bem avaliadas, com 60,6% e 58,1% de aprovação, respetivamente. No entanto, ambas as categorias apresentaram índices elevados de neutralidade (acima de 29,2%), o que pode refletir experiências heterogêneas entre os cursos ou uma limitada percepção institucional quanto aos canais e práticas de apoio ao estudante.

Essas constatações evidenciam pontos fortes, como o reconhecimento da exigência académica, mas também desafios, especialmente na área tecnológica e na consolidação de práticas pedagógicas mais claras, uniformes e acessíveis.

4.2.2 Resultados com Amostra Estabilizada (270 casos)

Para aprofundar a compreensão sobre a qualidade do ensino no ISUTC, realizou-se uma nova análise com base em uma amostra estabilizada de 270 estudantes, com o objectivo de observar eventuais variações nos padrões de resposta. Os resultados estão sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2. Qualidade de ensino no ISUTC, para uma amostra estabilizada (Dezembro de 2024).

	Muito insatisfeito	Muito insatisfeito	Indiferente	Satisfeito	Muito satisfeito
Nível de exigência	N 15	4	32	68	153
	% 5.6%	1.5%	11.9%	24.4%	56.7%
Serviços e internet	N 95	62	90	26	24
	% 35.2%	23.0%	33.3%	9.6%	8.9%
Procedimentos e Instrumentos de Avaliação	N 19	22	90	80	59
	% 7.0%	8.1%	33.3%	29.6%	21.8%
Cumprimento das matérias previstas no plano de estudo das disciplinas	N 14	16	61	95	84
	% 5.2%	5.9%	22.6%	35.2%	31.1%
Participação inclusiva dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem	N 16	16	68	105	65
	% 5.9%	5.9%	25.2%	38.9%	24.1%
Esclarecimentos dos docentes para esclarecimento de dúvidas/acompanhamento	N 15	16	80	85	74
	% 5.6%	5.9%	29.6%	31.5%	27.4%

Os dados revelam que o nível de exigência permanece como o aspecto mais valorizado pelos estudantes, alcançando uma taxa de satisfação de 81,1%, sendo 24,4% satisfeitos e 56,7% muito satisfeitos. Esse resultado reafirma a percepção positiva dos estudantes quanto ao rigor académico da instituição. Em contrapartida, os serviços de internet continuam a representar o principal ponto crítico, com um índice de insatisfação de 58,2%, dos quais 35,2% se dizem muito insatisfeitos e 23,0% insatisfeitos. Este dado evidencia a urgência de melhorias estruturais na área de conectividade.

No que se refere aos procedimentos e instrumentos de avaliação, registou-se um nível de satisfação de 51,5%, acompanhado de uma taxa de neutralidade de 33,3%, o que indica uma ligeira melhoria em relação à análise anterior, embora sem diferenças estatisticamente relevantes. Em



relação ao cumprimento das matérias previstas no plano de estudos, 66,3% dos inquiridos expressaram aprovação, enquanto 22,6% manifestaram-se de forma neutra.

A participação dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem obteve 63% de aprovação, embora ainda se observe um elevado índice de neutralidade (25,2%), o que pode apontar para uma experiência de envolvimento ainda desigual entre os discentes. Por fim, a disponibilidade dos docentes para o esclarecimento de dúvidas foi avaliada positivamente por 58,9% dos estudantes (31,5% satisfeitos e 27,4% muito satisfeitos), enquanto 29,6% adotaram uma posição neutra. Apesar da avaliação favorável, o elevado nível de neutralidade destaca a necessidade de maior visibilidade e uniformidade no apoio pedagógico oferecido pelos docentes.

**4.2.3 Resultados considerando todos os estudantes (censo)**

Com o objectivo de ampliar a compreensão sobre a percepção dos estudantes quanto à qualidade do ensino no ISUTC, foi realizada uma análise descritiva abrangendo o total de respostas disponíveis. A Tabela 3 apresenta os principais indicadores relacionados a diferentes dimensões do processo educativo, tais como o nível de exigência académica, qualidade dos serviços de internet, procedimentos de avaliação, cumprimento do plano de estudos, participação estudantil e disponibilidade dos docentes.

Tabela 3. Qualidade de ensino no ISUTC, considerando todos os dados dos estudantes (Dezembro de 2024).

		Muito insatisf eito	Muito insatisf eito	Indifere nte	Satisfe ito	Muito satisfe ito
Nível de exigência	N	62	30	245	534	950
	%	34%	1.6%	13.5%	29.3%	52.2%
Serviços e internet	N	568	450	484	183	136
	%	31.2%	24.7%	26.6%	10.0%	7.5%
Procedimentos e Instrumentos de Avaliação	N	115	145	592	608	361
	%	6.4%	8.0%	32.5%	33.4%	19.8%
Cumprimento das matérias previstas no plano de estudo das disciplinas	N	82	80	428	667	564
	%	4.5%	4.4%	23.5%	36.6%	31.0%
Participação inclusiva dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem	N	90	100	538	646	447
	%	4.9%	5.5%	29.5%	35.5%	24.5%
Esclarecimentos dos docentes para esclarecimento de dúvidas/acompanhamento	N	104	108	525	622	462
	%	5.7%	5.9%	28.8%	34.2%	25.4%

Com base nos dados analisados, observa-se que o nível de exigência académica no ISUTC continua a ser o aspecto mais valorizado pelos estudantes. Um total de 81,5% manifestou-se satisfeito ou muito satisfeito (29,3% satisfeitos e 52,2% muito satisfeitos), o que revela uma percepção amplamente positiva em relação aos padrões de rigor e qualidade estabelecidos pela instituição.

Por outro lado, os serviços de internet mantêm-se como o ponto mais crítico, com uma elevada taxa de insatisfação (35,2% muito insatisfeitos e 24,7% insatisfeitos), evidenciando uma fragilidade estrutural importante que requer atenção urgente para garantir melhores condições de

acesso e suporte às atividades académicas.

No que se refere aos procedimentos e instrumentos de avaliação, os resultados indicam um nível de satisfação de 53,2%, enquanto 32,5% dos estudantes assumiram uma posição neutra. Apesar da maioria aprovar as práticas avaliativas, o elevado índice de neutralidade sugere a necessidade de maior clareza, justiça e transparência nesse processo.

Quanto ao cumprimento das matérias previstas no plano de estudos, 67,6% dos inquiridos expressaram aprovação, com 23,5% mostrando-se indiferentes, o que aponta para um desempenho curricular positivo, embora ainda haja estudantes que não percebem plenamente essa conformidade.

No que toca à participação inclusiva dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, 60% avaliaram positivamente, mas 29,5% mantiveram-se neutros, indicando que, apesar de haver esforços para promover o envolvimento dos alunos, ainda existe margem para intensificar estratégias pedagógicas mais participativas.

Por fim, a disponibilidade dos docentes para o esclarecimento de dúvidas foi considerada satisfatória por 59,6% dos estudantes (34,2% satisfeitos e 25,4% muito satisfeitos), embora 28,8% tenham assumido uma posição neutra. Este dado sugere que, embora haja boa predisposição por parte dos docentes, é importante tornar mais visível e acessível o apoio oferecido, garantindo que todos os estudantes se sintam devidamente acompanhados.

**4.3 Análise Comparativa e Considerações sobre o Uso de Amostras**

Para compreender o impacto do tamanho amostral na percepção dos estudantes sobre a qualidade do ensino no ISUTC, foram analisados os dados obtidos em três abordagens distintas: a amostra mínima (236 estudantes), a amostra estabilizada (270 estudantes) e o conjunto total de respostas disponíveis (censo). Em todas elas, as mesmas dimensões foram avaliadas: nível de exigência académica, serviços de internet, procedimentos de avaliação, cumprimento das matérias previstas, participação dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem e disponibilidade dos docentes.

De modo geral, os resultados mantêm um padrão consistente nas três abordagens, com pequenas variações percentuais que oferecem indícios sobre a influência do tamanho da amostra nas respostas. O nível de exigência destacou-se como o aspecto mais positivamente avaliado em todas as análises. Na amostra mínima, 80,9% dos estudantes declararam-se satisfeitos ou muito satisfeitos; esse valor subiu para 81,1% na amostra estabilizada e para 81,5% no censo. Essa estabilidade indica que, independentemente da dimensão da amostra, os estudantes reconhecem o rigor académico da instituição como um ponto forte.

Em contrapartida, os serviços de internet revelaram-se consistentemente como o aspecto mais crítico. A insatisfação foi de 57,2% na amostra mínima, 58,2% na amostra estabilizada e chegou a 59,9% no censo. Essa tendência ascendente sugere que, quanto maior o número de estudantes incluídos, mais evidente se torna a percepção negativa sobre a infraestrutura digital da instituição, reforçando a urgência de melhorias nessa área.

Quanto aos procedimentos e instrumentos de avaliação, registou-se uma progressão moderada nos níveis de

satisfação: 50,8% na amostra mínima, 51,5% na estabilizada e 53,2% no censo. Apesar do crescimento ligeiro, o elevado índice de respostas neutras em todas as abordagens indica que persistem dúvidas quanto à clareza, justiça e uniformidade nos processos avaliativos.

No que se refere ao cumprimento das matérias previstas no plano de estudos, observou-se uma evolução positiva: 64,8% de aprovação na amostra mínima, 66,3% na estabilizada e 67,6% no censo. Esse crescimento indica uma melhoria na percepção da execução curricular à medida que mais estudantes são considerados, possivelmente refletindo uma maior diversidade de experiências entre os cursos.

A participação dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem apresentou uma oscilação: 60,6% de aprovação na amostra mínima, 63% na amostra estabilizada e 60% no censo. A variação não linear sugere que a experiência de participação não é homogênea entre os estudantes e pode depender de factores específicos, como curso, ano lectivo ou modalidade de ensino.

Por fim, a disponibilidade dos docentes para esclarecimento de dúvidas manteve-se estável nas três abordagens: 58,1% na amostra mínima, 58,9% na amostra estabilizada e 59,6% no censo. Apesar da avaliação positiva, o elevado índice de neutralidade observado em todas as fases indica que muitos estudantes ainda não percebem de forma clara ou uniforme a acessibilidade e o acompanhamento pedagógico por parte dos docentes.

Em síntese, os resultados sugerem que a utilização de uma amostra mínima bem calculada já é capaz de fornecer indicações fiáveis sobre a percepção da qualidade do ensino. No entanto, ao ampliar a amostra, seja por estabilização ou por censo, é possível captar nuances mais detalhadas e experiências mais diversas, o que torna a análise mais robusta e representativa. Assim, para efeitos de diagnóstico institucional e apoio à tomada de decisão, recomenda-se o uso de dados mais amplos sempre que possível, sem desconsiderar a validade das amostras reduzidas em contextos de limitação de recursos.

#### 4.4 Relevância do uso de amostras

O uso de amostras representa uma estratégia metodológica eficaz para estudos de percepção, permitindo obter resultados válidos com economia de tempo e recursos. A amostra mínima é útil para diagnósticos rápidos, a amostra estabilizada oferece maior segurança estatística, e o uso da população total, embora mais custoso, proporciona máxima precisão.

Os resultados corroboram a confiabilidade da amostragem aleatória, demonstrando que, mesmo com variações marginais, as conclusões gerais são mantidas entre os diferentes cenários analisados.

#### V. CONCLUSÕES DO ESTUDO

O presente estudo teve como propósito central demonstrar que a utilização de amostras devidamente calculadas e extraídas por métodos probabilísticos é suficiente para gerar inferências estatísticas confiáveis, mesmo em populações finitas e heterogêneas, como é o caso dos estudantes do ISUTC.

A análise comparativa entre os três cenários, isto é, amostra mínima (236 casos), amostra estabilizada (270 casos) e a

população total (1821 casos), revelou que os padrões de resposta foram amplamente consistentes, com variações marginais entre os resultados. Essa consistência evidencia que a adopção de um tamanho amostral mínimo, obtido com base em critérios estatísticos rigorosos (nível de confiança, erro amostral e variabilidade populacional), permite alcançar resultados representativos e generalizáveis.

Observou-se que a percepção sobre o nível de exigência académica manteve-se elevada em todas as abordagens, ao passo que os serviços de internet apresentaram avaliações críticas de forma igualmente recorrente. As demais dimensões participação dos estudantes, disponibilidade dos docentes e procedimentos avaliativos mantiveram comportamento intermediário, com alta incidência de respostas neutras, indicando heterogeneidade de percepções e possível necessidade de maior clareza institucional nesses aspectos.

Diante disso, conclui-se que:

- a) Não é necessário inquirir toda a população para se obter resultados estatisticamente válidos e úteis para a gestão institucional;
- b) Amostras mínimas bem delineadas, desde que baseadas em fórmulas adequadas e acompanhadas de processos de selecção aleatória, são eficazes para capturar a realidade da população;
- c) O uso da população total deve ser reservado para contextos em que se busca máxima precisão ou em situações em que o custo de ampliar a recolha é justificável;
- d) Amostras estabilizadas representam um bom compromisso entre economia de recursos e estabilidade das estimativas, sendo indicadas em estudos recorrentes.

Em resumo, o estudo reforça a importância do conhecimento técnico na definição do tamanho da amostra e na escolha dos métodos de amostragem, contribuindo para a racionalização de recursos e a credibilidade das pesquisas académicas e institucionais.

#### REFERÊNCIAS

- Gil, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: Atlas, 2019.
- Marôco, J. Análise Estatística: Com Utilização do SPSS. Lisboa: ReportNumber, 2021.
- Fonseca, J. S.; MARTINS, G. A. Estatística Aplicada à Administração e Economia. Rio de Janeiro: Atlas, 2020.
- Batista, A., & Silva, R. (2022). Métodos estatísticos aplicados à pesquisa académica. Editora Universitária.
- Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques. John Wiley & Sons.
- Fonseca, J., & Martins, P. (2020). Estatística aplicada à administração e economia. Editora Atlas.
- Gil, A. C. (2019). Métodos e técnicas de pesquisa social. Atlas.
- Marôco, J. (2021). Análise estatística com o SPSS. ReportNumber.

Oliveira, L., Costa, M., & Santos, R. (2021). Avaliação da satisfação estudantil em instituições de ensino superior. Revista Brasileira de Educação.

QuestionPro. (s.d.). Determinação do tamanho da amostra. Disponível em: [www.questionpro.com](http://www.questionpro.com)

Statorials. (s.d.). Cálculo do tamanho da amostra. Disponível em: [www.statorials.com](http://www.statorials.com)

Bolfarine, H., & Bussab, W. O. (2005). Elementos de Amostragem. São Paulo: Edgard Blücher.

# Explorando a contribuição das experiências demonstrativas no ensino e aprendizagem dos conceitos do princípio de Acção –Reacção e o da Força de Atrito

Adriano R. Sacate<sup>1,2</sup> e Inocente V. Mutimucuo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Básicas, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

<sup>2</sup>Faculdade de Educação, Universidade Eduardo Mondlane, Av. J. Nyerere, Campus Principal, UEM, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [professorhamelane@gmail.com](mailto:professorhamelane@gmail.com)

**Resumo** – Este estudo tem como objectivo principal o de investigar o comportamento do tamanho da amostra em contextos de inferência estatística, por meio da aplicação prática a um inquérito de satisfação estudantil no ISUTC. Esta investigação parte do princípio de que amostras estatisticamente bem definidas são capazes de gerar inferências confiáveis, mesmo em populações finitas e heterogêneas. Foram analisadas três abordagens amostrais: uma amostra mínima calculada com base em fórmulas para populações finitas, uma amostra estabilizada e o censo da população estudantil. Os resultados revelam que os padrões de resposta mantêm-se estáveis entre as abordagens, com pequenas variações nos indicadores de satisfação, especialmente nas categorias relacionadas à infraestrutura tecnológica e aos serviços pedagógicos. A análise confirma a existência de um ponto de estabilização no tamanho da amostra, a partir do qual o aumento do número de respondentes não altera significativamente os resultados. Conclui-se que o uso de uma amostra mínima bem delineada, obtida por métodos probabilísticos, é suficiente para garantir representatividade e economia de recursos, sendo recomendável para diagnósticos institucionais em larga escala.

**Palavras-chaves** – Princípio de Acção-Reacção. Força de Atrito. Física Ensino Secundário. Experiência Didáctica em Física.

## I. INTRODUÇÃO

Os conceitos do princípio de acção-reacção e o da força de atrito em Física, são leccionados na 11ª Classe do ensino secundário geral do segundo ciclo (ESG2) em Moçambique. Deste modo, o estudo teve como objectivos operacionais (1) diagnosticar as dificuldades, incluindo as concepções alternativas, dos alunos da 11ª classe sobre o ensino e aprendizagem dos referidos conceitos, (2) com base na literatura, produzir protótipos de experiências demonstrativas que contribuam para o desenvolvimento conceptual dos alunos no estudo dos conceitos e (3) verificar como os protótipos produzidos de experiências demonstrativas auxiliadas pelas actividades Prevê-Observa-Explica-Reflete (POER), contribuem para a compreensão conceptual dos alunos da 11ª classe, sobre o princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito”.

Nesta pesquisa, a seguinte questão principal é examinada: “Que dificuldades, incluindo as concepções alternativas, apresentam os alunos da 11ª classe sobre a compreensão dos conceitos do princípio de acção-reacção e o da força de atrito?”

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Dificuldades de aprendizagem de alguns conceitos da mecânica clássica

Vários pesquisadores da área de Física têm estudado e colectado informações de como os alunos aprendem (Mutimucuo, 1998; Talim, 1999; Smith & Strick, 2012; César, 2013; Pinto, 2016). Os resultados parecem indicar que dificuldades de aprendizagem similares ocorrem entre alunos de diferentes idades e habilidades, dificuldades essas que se mantêm mesmo após o aluno ter feito um curso formal de Física. A persistência dessas dificuldades sugere que o ensino formal não tem sido eficiente na mudança dos conceitos não científicos dos alunos para conceitos científicos, e que novas estratégias e abordagens de ensino devem ser aplicadas. Muitos desses estudos destacam que o factor preponderante, que dificulta a aprendizagem dos conceitos científicos, reside nos conceitos ou concepções espontâneas que os alunos adquirem antes da instrução formal. Esses conceitos espontâneos são muito resistentes às mudanças pelas técnicas habituais de ensino utilizadas pelos professores (Mutimucuo, 1998; Talim, 1999; Mavanga, 2007; Nascimento, Andrade & Reginier, 2016; Vilanculo, Mutimucuo & Silva, 2020).

No domínio da mecânica clássica (também comumente chamada mecânica newtoniana), várias têm sido as dificuldades de aprendizagem de alguns conceitos apresentados pelos alunos e apontados na literatura. Por exemplo, Talim (1999) realizou um estudo das dificuldades sobre a compreensão de alunos do ensino médio a respeito da terceira lei de Newton (princípio de acção e reacção), explorando o não reconhecimento de muitos alunos da existência de forças como tensão em cordas e forças exercidas por superfícies em corpos postos sobre elas, na confusão entre os conceitos de posição e velocidade, e, entre velocidade e aceleração, na suposição da necessidade da presença de uma força na direcção do movimento para manter os corpos se movendo, entre outros. O objectivo desta pesquisa é estudar a existência de conceitos espontâneos sobre a terceira lei de Newton em alunos do ensino médio, verificando a maneira como esses conceitos dificultam a aprendizagem dos alunos e interferem na compreensão da terceira lei de Newton. Como resultados, Talim (1999) identificou a presença de alguns conceitos espontâneos em alunos. Por exemplo, para muitos alunos, quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força exercida pelo corpo de massa maior será também maior. Para o caso em que um corpo de grande massa é empurrado por uma pessoa sem que esse corpo se



moa, muitos alunos não reconhecem a existência da força de reacção do corpo sobre a pessoa que o empurra. Com a finalidade de melhorar o estudo dos conceitos que dificultam a aprendizagem dos alunos e que interferem na compreensão da terceira lei de Newton, Talim (1999) usou a estratégias de mudanças conceituais para provocar a mudança desses conceitos para os conceitos científicos.

De acordo com El-Hani e Bizzo (2000)

“O objectivo de uma estratégia para mudança conceitual é, precisamente, compelir o aluno, mediante a manipulação pelo professor de situações conflitivas, à insatisfação com suas concepções prévias e, eventualmente, à substituição destas por ideias científicas. O aspecto central do modelo da mudança conceitual reside na modificação simultânea do *status* das concepções alternativa e científica. Supondo-se que uma concepção alternativa se encontra em conflito com uma concepção científica, é preciso diminuir o *status* da primeira, em especial sua plausibilidade e fertilidade, e, simultaneamente, aumentar o *status* da segunda. Uma das estratégias que podem ser usadas é a proposição de situações conflitivas, cujo propósito é produzir no aluno uma insatisfação com suas concepções prévias” (El-Hani & Bizzo, 2000: p. 5).

De acordo com vários autores (Mortimer, 1996; Mutimucuo, 1998; El-Hani & Bizzo, 2000; Duit & Treagust, 2003; Pereira 2018), as situações conflitivas têm um papel fundamental no modelo da mudança conceitual. Elas resultam da incapacidade do sujeito de resolver problemas produzidos em sua interacção com o meio, sendo utilizadas como ferramentas para a diminuição do *status* das concepções prévias. Estas situações são planificadas de modo a explicitar ou produzir anomalias entre as concepções alternativas e as experiências do aluno, devendo suscitar uma insatisfação com o conhecimento prévio e possibilitar, assim, que as concepções científicas sejam introduzidas numa posição vantajosa para a resolução do problema em pauta.

Outro estudo importante no domínio da mecânica clássica intitulado “*Improving student’s understanding of energy: a study of the conceptual development of Mozambican first-year university students [Aprimorando a compreensão de energia pelos estudantes: um estudo sobre o desenvolvimento conceitual de estudantes moçambicanos do primeiro ano universitário]*” e visando explorar as dificuldades de ensino-aprendizagem de alguns conceitos de energia, foi realizado por Mutimucuo (1998). Nesta pesquisa, o autor usou o conflito cognitivo e o mapa de conceitos, como princípios pedagógicos de ensino e aprendizagem.

De acordo com Mutimucuo (1998), na estratégia do conflito cognitivo, o aluno é

“submetido a uma situação em que suas ideias prévias sobre determinado fenómeno são colocadas em conflito com factos observáveis, ou seja, suas previsões ou concepções alternativas são contrariadas por resultados experimentais. Logo, na sala de aulas, o processo do conflito, começa por colocar o aluno a par das suas concepções alternativas bem como as dos seus colegas. Isto é

alcançado através de um ensino conduzido para uma discussão em sala de aulas. Depois, o conflito cognitivo é introduzido através de um “evento discrepante”. Mutimucuo (1998), recomenda e defende que conflitos na sala de aulas devem ser produzidos com a finalidade de aumentar nos alunos a motivação e para despertar seu desejo para mais e melhor conhecimento” (Mutimucuo, 1998: p. 45).

Em relação ao mapa de conceitos, Tavares (2007), o define como

“uma estrutura esquemática para representar um conjunto de conceitos imersos numa rede de proposições. Ele é considerado como um estruturador do conhecimento, na medida em que permite mostrar como o conhecimento sobre determinado assunto está organizado na estrutura cognitiva de seu autor, que assim pode visualizar e analisar a sua profundidade e a extensão. Ele pode ser entendido como uma representação visual utilizada para partilhar significados, pois explicita como o autor entende as relações entre os conceitos enunciados. O mapa conceitual se apoia fortemente na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, que menciona que o ser humano organiza o seu conhecimento através de uma hierarquização dos conceitos” (Tavares, 2007: p. 72).

Moreira (2012), esclarece que mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que se usam para representar conceitos. Embora normalmente tenham uma organização hierárquica e, muitas vezes, incluam setas, tais diagramas não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direccionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder. Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso. Isso também os diferencia das redes semânticas que não necessariamente se organizam por níveis hierárquicos e não obrigatoriamente incluem apenas conceitos. Mapas conceituais também não devem ser confundidos com mapas mentais que são livres, associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Não devem, igualmente, ser confundidos com quadros sinópticos que são diagramas classificatórios. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los. O mapeamento conceitual é uma técnica muito flexível e em razão disso pode ser usado em diversas situações, para diferentes finalidades: instrumento de análise do currículo, técnica didáctica, recurso de aprendizagem, meio de avaliação.

Ainda estudos sobre energia foram realizadas por Nascimento, Andrade e Regnier (2016), sobre principais dificuldades e obstáculos para ensino-aprendizagem do conceito de energia. Na pesquisa encontrou-se uma relação entre o aparecimento de concepções espontâneas alternativas mais específicas com concepções espontâneas alternativas mais gerais e uma relação entre a dificuldade com a compreensão da conservação da energia com a dificuldade sobre a classificação dos sistemas físicos. Para colmatar as dificuldades e obstáculos para ensino-aprendizagem do

conceito de energia, esta pesquisa usou as experiências diárias, através da problematização, como estratégia de desenvolvimento do conceito.

Em Moçambique, uma pesquisa recente que visava avaliar a influência da valorização das concepções alternativas dos alunos, nos conceitos de calor e temperatura, foi realizada por Vilanculo, Mutimucuo e Silva (2020). Na pesquisa, os autores demonstram que a Termodinâmica, é a área onde os alunos têm tido muitas concepções alternativas, muito por causa da utilização dos conceitos na língua materna, em que o calor é sinónimo de temperaturas altas. Em relação aos conceitos de calor e temperatura, as concepções alternativas mais comuns dos alunos são: “calor significa temperatura elevada”, “calor é energia”, “calor é medida de temperatura”, “calor é sinónimo de temperatura”, “calor é contrário de frio”, “temperatura é consequência de calor”. Contudo, concepções alternativas encontradas coincidem com as identificadas na literatura, logo as concepções alternativas dos alunos são as mesmas exibidas por outros alunos internacionalmente. Nesta pesquisa os autores utilizaram a aprendizagem significativa, enfatizando Ausubel sobre a valorização do conhecimento prévio.

Concordando com Filho (2013), a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel é

“uma teoria cognitivista e construtivista. É cognitivista ao tentar explicar o processo pelo qual o cérebro percebe, recorda e pensa sobre toda a informação captada, e construtivista ao assumir que o processo de apreensão do conhecimento é evolutivo, um processo no qual o conhecimento actual é construído em cima de etapas prévias já acabadas” (Filho, 2013: p. 22).

O conceito central da teoria de Ausubel é o da aprendizagem significativa. Diz-se que há aprendizagem significativa de determinado conceito quando este se relaciona de maneira substantiva e não arbitrária com outros conceitos pré-existent na estrutura cognitiva do indivíduo, aos quais Ausubel chama subsunsores (Filho, 2013; Silva, 2020).

Nesta pesquisa, para estudar algumas dificuldades de aprendizagem de conceitos da mecânica clássica sobre as forças de acção – reacção e a força de atrito, com os alunos da 11ª classe, do ensino médio, usa-se “prevê-observa-explica-reflete” como estratégia pedagógica de ensino e aprendizagem, a partir de experiências de demonstração. A ideia central do uso desta estratégia na pesquisa, justifica-se pelo facto de não haver na literatura evidências de a mesma ter sido usada, em pesquisas semelhantes no contexto moçambicano. O tipo de experiências de demonstração é centrado na realização de actividades que permitam que os alunos expliquem os resultados obtidos e/ou os prevejam, justificando as previsões. As actividades Prevê-Observa-Explica-Reflete (POER) são um exemplo deste tipo, auxiliando os alunos na (re)construção e/ou no desenvolvimento da explicação acerca de fenómenos naturais.

Segundo Barbosa (2012), no caso de se pretender a reconstrução do conhecimento conceitual, as actividades a propor são do tipo POER, com procedimento apresentado ou a ser apresentado pelo aluno, orientadas para o confronto entre o conhecimento prévio dos alunos e os dados empíricos obtidos. Estas actividades começam habitualmente por uma

questão, exigem uma previsão dos resultados esperados, a execução de um procedimento (que pode ser previamente apresentado ao aluno ou pedido a sua elaboração), a observação dos dados obtidos, a explicação dos mesmos, confrontando-os com a previsão inicial e ainda uma reflexão. As actividades deste tipo permitem ao aluno testar as suas ideias sobre um determinado assunto, a fim de encontrarem os dados que as apoiam, ou que as ponham em causa, levando-os à reconstrução das suas ideias.

Para Leite (2001), as actividades *POER* (sem procedimento laboratorial incluído) e as *Investigações*, que têm como objectivo a compreensão da metodologia científica, exigem que o aluno recorra a conhecimentos procedimentais e conceptuais para delinear um procedimento laboratorial, que lhe irá permitir dar resposta ao problema inicial. Sempre que isto aconteça, o aluno aprende conhecimento novo e a realização deste tipo de actividades assemelha-se, de algum modo, ao tipo de trabalho desenvolvido.

Portanto, as actividades que pressupõem Previsão-Observação-Explicação-Reflexão requerem não só um envolvimento físico, mas também mental, porque, como foi referido anteriormente, começam por solicitar uma previsão aos alunos, obrigando-os a pensar sobre o que ocorrerá se um determinado acontecimento for provocado e por que razão ocorrerá; requerem, ainda, que o aluno observe o acontecimento para que possa testar a previsão apresentada, que compare o que observou com o que previu e, por fim, que explique e reflecta o que aconteceu (Leite, 2001; Fernandes, 2013; Correia, 2013).

### III. MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com o Anuário Estatístico (INE, 2018) e Estatística da Educação (MINEDH, 2021), a Província de Inhambane possuía trinta e três (33) escolas públicas do 2º Ciclo, 20539 alunos matriculados, assistidos por 822 professores e com destaque para oitenta (80) professores de Física.

Tendo em conta que nesta pesquisa, além da observação da prática pedagógica da sala de aulas do professor de Física, pretendeu-se igualmente analisar as dificuldades de ensino e aprendizagem dos conceitos do princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito”, então foram escolhidos dois grupos de alunos, nomeadamente o grupo de controle (38 alunos da Escola Secundária 4 de Outubro de Inharrime) e o grupo experimental (36 alunos da Escola Secundária 25 de Novembro de Quissico). A existência de dois grupos, um designado por grupo experimental (GE) e outro por grupo de controle (GC), que apresentam as mesmas características, como por exemplo o factor idade e frequência da mesma secção de ciências, mas que são submetidos a diferentes tratamentos, leva a que também sejam seleccionadas diferentes metodologias de ensino e aprendizagem. Por exemplo, na tentativa de procurar promover o desenvolvimento conceptual dos alunos em relação aos conceitos em estudo, foi feita uma intervenção didáctica para o grupo experimental, consistindo em quatro experiências demonstrativas auxiliadas pelas actividades “Prevê-Observa-Explica-Reflete”, algo que não foi feito com o GC. Contudo, ambos os grupos usaram os mesmos programas de ensino e aprendizagem da Física, os mesmos livros e fichas de apoio.

Tanto a amostra dos professores convidados, como a

amostra dos alunos, são amostras de conveniência (Freitag, 2018). Isso significa que os professores foram escolhidos com base em sua disponibilidade de participar na pesquisa, sem perturbar o horário lectivo das aulas. Os professores seleccionados também estão interessados em melhorar as práticas de ensino em sala de aulas e, portanto, eles facilmente disponibilizaram um tempo para participar na pesquisa.

Os alunos participantes na pesquisa resultaram imediatamente da amostra dos professores e foram explicados sobre a necessidade e vantagens, como por exemplo o facto de terem que ser submetidos a um processo de ensino e aprendizagem adicional, que consistiu na realização das experiências demonstrativas e seguidas de encorajamento sobre suas predições, observações, explicação dos fenómenos em estudo e reflexão.

A escolha deste tipo de amostragem que utiliza os indivíduos aos quais há maior facilidade de acesso poderá não permitir “*generalizar à totalidade da população os resultados obtidos com o estudo dos elementos constituintes da amostra*”, pois apresentam uma validade externa fraca, mas fornecerá informações relevantes para a investigação que se pretende realizar. Deste modo, os resultados apenas serão válidos para a amostra estudada.

Assim, o grupo experimental foi submetida a “*tratamento*” (Tuckman 1994), pois aplicou-se uma metodologia de ensino e aprendizagem que incluiu experiências demonstrativas, houve necessidade de, para além da sala de aulas, se seleccionar um tempo para as experiências demonstrativas.

Relativamente aos alunos, foi administrado um questionário visando explorar o desenvolvimento conceptual sobre o princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito”. Foram colocadas cinco (5) questões a respeito do princípio de “acção-reacção” e outras cinco (5) ligadas com a exploração dos conceitos da “força de atrito”. No total, o questionário concebido para os alunos contém dez (10) questões, todas de escolha múltipla. O questionário aos alunos foi administrado antes da intervenção e o mesmo depois da intervenção. O questionário administrado antes permite igualmente que o aluno tenha uma ideia dos temas que serão abordados durante a fase da intervenção do pesquisador.

Deste modo, o questionário administrado antes da intervenção teve como objectivo diagnosticar as concepções prévias e outras dificuldades de aprendizagem dos alunos e foi aplicado à turma experimental e à turma controlo. A avaliação do desempenho da aprendizagem dos conceitos do princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito” foi realizado por meio da administração das mesmas questões que foram respondidas pelos alunos antes da intervenção do pesquisador, com o intuito de averiguar as mudanças conceptuais ocorridas após a intervenção pedagógica.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como referenciado, foi aplicado um total de dez (10) questões, no entanto, neste artigo só se apresentam duas questões devido à exiguidade do espaço.

Ao ser colocada aos alunos a questão 1, relacionada com a força de atrito, na qual o pesquisador pretendia que marcassem a alternativa correcta de um conjunto de quatro alternativas a respeito de uma análise dos aspectos do conceito da força de atrito, eles responderam como indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Respostas dos alunos para questão 1 no pré e pós-testes para o Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC). As resposta destacadas em negrita representa a opção certa.

Grupo		GE (36)	GC (38)	GE (36)	GC (38)
Questão 2	Opções	Pré (%)	Pré (%)	Pós (%)	Pós (%)
Marque a alternativa correcta a respeito da força de atrito	A. A força de atrito sempre é oposta ao movimento dos objectos.	60	59	45	55
	B. O coeficiente de atrito estático é menor que o coeficiente de atrito dinâmico (cinético).	12	11	0	5
	C. Se um objecto estiver em uma superfície horizontal, a força de atrito será determinada pelo produto do coeficiente de atrito pelo valor do peso.	14	17	52	31
	D. A força de atrito é sempre responsável pelo estado de repouso dos corpos..	14	13	3	8

De acordo com a Tabela 1, acima, averiguando o conjunto das alternativas escolhidas pelos alunos, no pré-teste, verifica-se que apenas 14% dos alunos do grupo experimental escolheu a alternativa coerente do ponto de vista da Física, enquanto que no grupo de controle essa escolha foi de 17%, superando, portanto, o grupo experimental por uma margem razoável de 3%.

Fazendo uma apreciação das alternativas escolhidas pelos alunos, denota-se que a concepção alternativa de que a “a força de atrito sempre é oposta ao movimento dos objectos” domina a dificuldade dos alunos na compreensão do conceito da força de atrito. A percentagem de alunos que escolheu esta opção foi de 60% no grupo experimental e de 59% no de controle, o que explica a prevalência desta concepção alternativa sobre a definição da força de atrito.

No pós-teste, fazendo uma análise sobre os resultados relativos às opções dos alunos, denota-se que 52% dos alunos do grupo experimental alcançou resposta consistente com o ponto de vista da Física escolhendo a alternativa C, que diz ‘se um objecto estiver em uma superfície horizontal, a força de atrito será determinada pelo produto do coeficiente de atrito pelo valor do peso do corpo’, sendo 32% para o grupo de controle. Para o grupo experimental, significa que o número de alunos que persistem na concepção alternativa de que a força de atrito sempre é oposta ao movimento dos objectos continua elevado, situando-se em 45%, mesmo depois da realização das experiências demonstrativas.

Igualmente, a percentagem de alunos que resistem na mudança da concepção alternativa no grupo de controle é de 55%, tendo apenas 4% de alunos migrado para a concepção científica.

Visando agora, compreender o entendimento dos alunos sobre o significado do princípio de “acção-reacção”, foi colocada uma segunda questão (questão 2), pedindo-lhes que indicassem a afirmação verdadeira a respeito deste princípio. Os resultados podem ser vistos na Tabela 2.

Nas respostas, os alunos apresentaram muitas dificuldades na escolha da opção consistente com a visão da Física. Apenas 8% dos alunos do grupo experimental apresentou uma resposta cientificamente coerente com a Física, enquanto que no grupo de controle a percentagem foi de 11%, superando, portanto, o grupo experimental em 3%. Nesta questão 2, relacionada com o princípio de “acção-reacção”, 41% dos alunos do grupo experimental apresentou uma concepção alternativa de que “as forças de acção e reacção sempre actuam no mesmo corpo”. Para o grupo de controle, essa concepção se situou em 46%.

Na mesma questão 2, foi observado que 30% dos alunos do grupo experimental escolheram uma outra opção D e que constitui uma concepção alternativa, que diz, ‘a força normal é uma reacção da força peso aplicada por um corpo sobre uma superfície’. Esta mesma opção D, foi escolhida por 25% dos alunos do grupo de controle (vide a Tabela 2).

Tabela 2. Respostas dos alunos para questão 2 no pré e pós-testes para o Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC). As resposta destacadas em negrita representa a opção certa.

Grupo		GE (36)	GC (38)	GE (36)	GC (38)
Questão 2	Opções	Pré (%)	Pré (%)	Pós (%)	Pós (%)
A respeito da Terceira lei de Newton (acção e reacção), marque a alternativa verdadeira	A. Os pares acção e reacção podem ser formados exclusivamente por forças de contacto.	10	8	0	8
	B. As forças de acção e reacção sempre se anulam.	11	10	6	28
	<b>C. Como estão aplicadas em corpos diferentes, as forças de acção e reacção não se equilibram.</b>	8	11	<b>60</b>	<b>32</b>
	D. A força normal é uma reacção da força peso aplicada por um corpo sobre uma superfície.	30	25	15	12
	E. As forças de acção e reacção actuam no mesmo corpo	41	46	19	20

No pós-teste, em uma breve apreciação das respostas, verifica-se que 60% dos alunos do grupo experimental escolheram a opção C, que diz ‘*como estão aplicadas em corpos diferentes, as forças de acção e reacção não se equilibram*’, opção coerente com o ponto de vista da Física e relacionada com as forças de acção e de reacção. Relativamente ao grupo de controle, a percentagem desta escolha da opção C é de 32%, sendo superada pelo grupo experimental em 28%.

É importante realçar que comparado com os resultados alcançados antes da intervenção por via das experiências demonstrativas, o grupo de controle apresentava uma percentagem de 11% enquanto que o grupo experimental ainda tinha uma percentagem mais baixa, de 8%. Saliente-se, que tanto os alunos do grupo experimental, como os do grupo de controle escolheram uma outra opção E, que diz ‘*as forças de acção e reacção sempre actuam no mesmo corpo*’. Esta opção E que constitui uma concepção alternativa, foi escolhida por 19% dos alunos do grupo experimental e 20% do grupo de controle.

Uma reflexão sobre os resultados encontrados no pré-teste (Tabelas 1 e 2) poderá apontar para as dificuldades de aprendizagem da Física devidas a uma má interpretação da linguagem ou então a uma má compreensão da linguagem. No caso dos conceitos relacionados com a força de atrito, os alunos apresentaram uma concepção errada (alternativa) de que a força de atrito tem sempre um sentido oposto ao da força aplicada no corpo. Na terceira lei de Newton (princípio de acção-reacção), usam-se as palavras acção e reacção para duas acções simultâneas, sabendo que é quase fisicamente impossível saber qual delas é a acção e qual é a reacção. Por outro lado, no quotidiano uma acção precede sempre uma reacção. Esta interpretação intuitiva pode ser a causa de os alunos errarem as aplicações do princípio de “acção-reacção”.

Em resumo, os resultados obtidos no pré-teste, mostram que os alunos apresentam dificuldades na compreensão dos conceitos do princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito”. Igualmente, o pré-teste mostra a existência de concepções alternativas apresentadas pelos alunos sobre os conceitos em estudo.

No geral, no processo da intervenção didáctica através das experiências demonstrativas, foi possível identificar algumas dificuldades apresentadas pelos alunos. Por exemplo, na experiência demonstrativa sobre “*Atrito estático e cinético num plano horizontal*”, os alunos não conseguiam correctamente fazer a representação das forças que actuam sobre um corpo colocado no plano horizontal.

Em relação ao coeficiente de atrito estático, com base na experiência demonstrativa, os alunos compreenderam facilmente que é sempre superior ao coeficiente de atrito cinético para os mesmos materiais das mesmas superfícies em contacto. Quanto aos conhecimentos prévios, observou-se que os alunos manifestaram, predominantemente, conhecimentos do senso comum sobre o aparecimento da força de atrito. A maioria dos alunos (70%), não tinha conhecimento sobre o aparecimento desta força e sobre a mudança da força de atrito estática para a cinética.

No estudo realizado por Silva et al. (2021) identificaram que 80% dos alunos desconhecia sobre o aparecimento desta força e sobre a mudança da força de atrito estática para a cinética, e os factores que influenciam na variação destas



forças.

Na realização da experiência demonstrativa com a finalidade de estudar o comportamento do coeficiente de atrito estático quando se mudam as superfícies de contacto, foi usado um plano inclinado. Na demonstração, a maior dificuldade dos alunos foi a de prever em que situação o coeficiente de atrito estático seria maior, no contacto madeira-madeira ou então no contacto madeira-vidro. Depois de os alunos efectuarem a demonstração, eles concluíram que os valores dos coeficientes de atrito nos dois casos eram diferentes e maiores no caso do contacto madeira-vidro.

Uma explicação científica para o facto de os valores do coeficiente de atrito estático no contacto madeira-vidro, serem maior em relação aos do contacto madeira-madeira, pode estar relacionado com a complexidade do próprio vidro, pois, como se sabe, o vidro é constituído por uma mistura básica de areia, sílica, sódio e cálcio. Além destes materiais também há a inclusão de magnésio, alumina e potássio. A composição do vidro é, 72% areia, 14% sódio, 9% cálcio e 4% magnésio. Alumina e potássio são incluídos apenas em alguns casos (Sampaio, Andrade e Dutra, 2008).

Relativamente à experiência demonstrativa sobre o princípio de acção e reacção, as principais dificuldades apresentadas pelos alunos tinham muito haver com a representação das forças actuando nos corpos materiais e aplicação deste princípio em situações do quotidiano. Por exemplo, os alunos consideravam que a força normal ( $\vec{N}$ ) e a força peso ( $\vec{P}$ ), constituem sempre um par de acção e reacção e aplicadas no mesmo corpo. Quer dizer, na opinião dos alunos este par de forças se anula. Eles não compreendem que actuam em corpos diferentes, são forças de mesma natureza que atuam em pares e a resultante entre elas não pode ser nula, pois elas agem sobre corpos diferentes.

Contudo, depois de insistência por parte do pesquisador e dos professores da turma, foi possível convencer aos alunos de que as forças de acção e reacção agem em pares e em corpos diferentes. Por nunca agir sobre os mesmos corpos, em hipótese alguma haverá acção sem reacção, de modo que a resultante entre essas forças não pode ser nula, bem como, não podem se equilibrar, pois elas actuam em corpos diferentes. Terminada a fase da realização das experiências demonstrativas, era preciso fazer-se uma avaliação da eficácia e contribuição das mesmas.

A pesquisa revela através das respostas das questões do questionário que serviu de pré e pós-testes administrados aos alunos, das entrevistas realizadas com uma parte dos alunos do grupo experimental, da observação das aulas assistidas com os professores convidados, das experiências demonstrativas, que os alunos apresentam dificuldades para a compreensão dos conceitos relacionados com a “força de atrito” e o princípio de “acção-reacção”.

Os objectivos previamente traçados na pesquisa em desenvolvimento, foram atingidos, pois os resultados encontrados nas respostas dos alunos nas questões do pré-teste permitiram identificar as dificuldades e concepções dos alunos sobre os conceitos em estudo. Os resultados encontrados nas respostas das questões do pré-teste são consistentes com os encontrados na literatura. Por exemplo, na pesquisa realizada por Ure et al. (1994), relacionado com o princípio de acção e reacção (terceira lei de Newton), identificou a presença de alguns conceitos espontâneos em

alunos de vários cursos superiores na Venezuela. Talim (1994), detectou a existência de conceitos espontâneos e as dificuldades de aprendizagem dos alunos sobre a terceira lei de Newton, utilizando um teste composto de sete (7) itens de múltipla escolha sobre várias situações onde se exige o conhecimento dessa lei para se responder.

Em relação ao conceito da força de atrito, os alunos da amostra da pesquisa, evidenciaram igualmente dificuldades e concepções alternativas sobre o conceito da força propriamente dito e depois sobre a força de atrito. Por exemplo, para muitos alunos, quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força feita pelo corpo de massa maior será também maior. No caso da força de atrito, os alunos evidenciaram a concepção alternativa de que esta força é por definição, contrária ao movimento.

Sobre as dificuldades de ensino e aprendizagem do conceito da força de atrito, pesquisa intitulada “*Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem*”, realizada por Barroso, Rubini e Silva (2018), relatam a existência de concepções alternativas apresentadas por alunos de um curso de graduação na França, que são semelhantes às concepções apresentadas pelos alunos das escolas secundárias ES24NQ e ES4OI.

No domínio da dinâmica, Clement (1982) estudou e catalogou as pré-concepções associadas à segunda lei de Newton. Segundo ele, muitas das concepções erradas dos alunos apoiavam-se na ideia de que o movimento requer acção de uma força, uma vez que em condições reais com o atrito é preciso actuar permanentemente sobre um corpo para o manter em movimento. Uma vez que o atrito não é por vezes identificado pelo aluno como uma força, este tende a acreditar que o movimento do corpo requer a atuação permanente de uma força na mesma direcção. Dez anos mais tarde, Hstenes (1987), apoiando-se na ideia de que o conceito central da mecânica newtoniana é a força, inventariou as concepções dos alunos sobre aquela grandeza. Também McDermott (1984) efectuou estudos sobre concepções relacionadas com forças e a sua relação com o movimento.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados relatados nesta pesquisa com os alunos das escolas secundárias 25 de Novembro de Quissico e 4 de Outubro de Inharrime, apenas sugerem a existência de conceitos intuitivos sobre a terceira lei de Newton (princípio de acção-reacção) e, a estrutura destes conceitos em alunos do ensino médio, pois o número de alunos testados (74) não é significativo, não justificando com certeza uma generalização dos resultados para todos os alunos do ensino médio. No entanto, os resultados estão de acordo com os encontrados na literatura internacional na identificação dos conceitos e também na estrutura das respostas.

Uma apreciação global dos resultados após a administração das questões que serviram de pós-teste, emergem três informações: (1) os alunos do grupo experimental como consequência da intervenção através das experiências demonstrativas revelaram uma compreensão e aprendizagem significativa relativamente aos conceitos da “força de atrito” e do princípio de “acção-reacção”. (2) Relativamente ao grupo de controle não se operaram diferenças significativas ao se comparar os resultados do questionário no pré-teste com os conseguidos agora no pós-teste. (3) Comparando as respostas

dos alunos nas respostas das questões, das entrevistas, das experiências demonstrativas e da observação da prática da sala de aulas, elas convergem para o mesmo ponto e isto permite afirmar que os alunos devem abraçar as experiências demonstrativas no processo de ensino e aprendizagem da Física.

## REFERÊNCIAS

- Barbosa, N. R. A. (2012). Características do trabalho prático e presença de concepções acerca da ciência nos novos manuais escolares para o 5.º ano de escolaridade. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Lisboa - Escola Superior de Educação de Lisboa. Lisboa.
- Barroso, M. F.; Rubin, G.; Silva, T. (2018). Dificuldades na aprendizagem da física sob a ótica dos resultados do Enem. Brasil.
- Censi, A.; Costas, F. A. T. (2003). Dificuldades de aprendizagem: reflexões a partir da teoria histórico-cultural. Programa de Pós-Graduação em Educação - PPGE da UFSM.
- Cesar, F. R. (2013). Compreensão das dificuldades de aprendizagem escolar na perspectiva da teoria histórico-cultural: outra possibilidade de análise desse fenômeno. XI Congresso Nacional de Educação. EDUCERE. 2013. Curitiba.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics*, vol. 50, w 1, pp. 66 -71, jan.
- Correia, M. S. M. (2013). Trabalho laboratorial no 1.º ciclo do ensino básico. concepções e práticas de professores. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- El-Hani, C. N.; Bizzo, N. M. V. (2000). Formas de construtivismo: Teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Brasil.
- Fernandes, M. F. P. S. L. (2013). Atividades laboratoriais do tipo POER no 1º ceb: três propostas didáticas para o estudo da influência dos fatores abióticos na vida animal. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Portugal.
- Filho, R. B. (2013). Uma abordagem para ensino baseado na teoria da aprendizagem significativa utilizando a teoria das categorias. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia. Brasil.
- Freitag, R. M. K. (2018). Amostras Sociolinguísticas: Probabilísticas ou por Conveniência. *Revista de Estudos da Linguagem*, v. 26 n. 2, p. 667 - 686.
- Hestenes, D. (1987). Toward a Modeling Theory of Physics Instruction, *Am. J. Phys.* 55 (1987) 440.
- INE (2018). Anuário Estatístico da Província de Inhambane – 2018. *Instituto Nacional de Estatística (INE)*. Maputo, Moçambique.
- Kauark, F. S.; Silva, V. A. (2008). Dificuldades de aprendizagem nas séries iniciais do ensino fundamental e ações psico & pedagógicas. *Rev. psicopedag.* vol. 25 no.78 São Paulo.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. Caetano, & M. Santos (Org.). *Cadernos Didáticos de Ciências* (pp. 77-96). Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (DES).
- Mavanga, G. (2007). Fundamentos da Didáctica de Física. Universidade Pedagógica, Maputo. (não publicado).
- McDermott, L. C. (1984). Research on Conceptual Understanding in Mechanics, *Phys Today* 37 (7), 24 (1984).
- MINEDH (2021). Estatística de Educação - Levantamento Escolar - 2021. Maputo - Moçambique.
- Moreira, M. A. (2012). Mapas conceituais e aprendizagem significativa. *Revista Chilena de Educação Científica*, 4(2): 38-44. 2012.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências* 1(1):20-39.
- Mutimucuo, I. V. (1998). Improving Student's Understanding of Energy: A Study of the Conceptual Development of Mozambican First-Year University Students. Maputo: Mozambique.
- Nascimento, R. R.; Andrade, V. L. V. X.; Regnier, J. (2016). Principais dificuldades e obstáculos para aprendizagem do conceito de energia. Abordagem exploratória de publicações em ensino de ciências e tratamento no quadro da análise estatística implicativa. *Caderno de Física da UEFS*. 14 (02): 2101.1-11.
- Pereira, A. P. (2017). Um Panorama da Pesquisa Internacional sobre Mudança Conceitual. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. RBPEC 17(1) 215-242.
- Pinto, G. U. (2016). Estudo de conceitos e dificuldades de aprendizagem. *Journal of Research in Special Educational Needs* \_ Volume 16 \_ Number s1 \_ 2016 487-491.
- Rodrigues, G. J. (2017). Dificuldades de Aprendizagem na Leitura e na Escrita e a Intervenção Educativa com o Recurso às Tecnologias de Informação e Comunicação: As Percepções de Professores do 1º Ciclo do Ensino Básico. Dissertação de Mestrado. Universidade Fernando Pessoa. Porto.
- Samapaio, J. A. ; Andrade, M. C.; Dutra, A. J. B. (2008). Rochas e Minerais Industriais, Rio de Janeiro, Brasil.
- Silva, J. B. A (2020). Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma análise das condições necessárias. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 4, 2020. Brasil.
- Smith, C.; Strick, L. (2007). Dificuldades de Aprendizagem de A a Z. Um guia completo para pais e educadores. Porto Alegre. Artmed.
- Talim, S. L. (1999). Dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton. *Cad.Cat.Ens.Fís.*, v. 16, n. 2: p. 141-153.
- Tavare, S. R. (2007). Construindo mapas conceituais. *Ciências & Cognição* 2007; Vol. 12: 72-85. Brasil..

Tuckman, B. (2002). Manual de Investigação em Educação- Como Conceber e Realizar o Processo de Investigação em Educação. 2ª edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Ure, M. H., et al. (1994). Concepciones Intuitivas de los Estudiantes (de Educación Media y la Universidad) sobre el Principio de Acción y Reacción. Rev. Bras. de Ensino de Física, v. 16, n. 1-4, p. 120-128.

Vilanculo, J. A.; Mutimucuo, I. V.; Silva, C. S. (2020). Avaliação da influência das concepções alternativas no ensino e aprendizagem da física: um estudo de caso em Moçambique. Revista REAMEC, Cuiabá (MT), v. 8, n. 3, p. 515-532.

# Análise de tendências em séries de precipitação na Bacia do Rio Lúrio com base em saídas do modelo GFDL

Manuel Afonso Malaze Júnior, Nordino Martinho Muaievela, Rita Salvador Manhiça

Departamento de Tecnologias de Construção, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [manuelmalazejr@gmail.com](mailto:manuelmalazejr@gmail.com)

**Resumo** – **Resumo**—O conhecimento da influência das mudanças climáticas nas variáveis hidrológicas é de extrema importância para a melhoria nas previsões de disponibilidade hídrica numa bacia hidrográfica. O presente trabalho analisa o impacto das mudanças climáticas nas variáveis hidrológicas da bacia do rio Lúrio com ênfase na precipitação. A análise é feita através dos testes de Mann-Kendall e de regressão linear simples. A análise foi feita nas séries de precipitação total trimestrais, sazonal e anual da bacia do Lúrio. Os períodos de análise foram entre 1961/62 a 1999/2000 e 2046/47 a 2064/65, obtidos na base de dados da Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (DNGRH). Os dados utilizados foram gerados pelo modelo GFDL CM2.0 após a validação com dados medidos localmente. Os resultados mostraram por meio de ambos os testes que não há tendências significativas nos dados de precipitação.

**Palavras-chaves** – *Teste de Mann-Kendall; Regressão Linear Simples; Mudanças Climáticas; Precipitação na Bacia do Rio Lúrio.*

## I. INTRODUÇÃO.

A Bacia do Rio Lúrio é a maior bacia hidrográfica inteiramente Moçambicana, com uma área de cerca de 61,000 km<sup>2</sup>.

Existem várias justificativas para análise de tendências em séries de precipitação na Bacia do Rio Lúrio, tais como: riscos de enchentes e secas que podem ter impactos significativos na infraestrutura, nas comunidades e nas actividades económicas; estudos de disponibilidade de água para abastecimento e irrigação; mudanças na biodiversidade com potencial para desequilíbrios nos ecossistemas da região.

Mudanças climáticas são a variação de longo termo das variáveis do clima que pode ter causas naturais ou devido ao homem.

As mudanças climáticas podem gerar acentuados impactos para o sector de recursos hídricos, pois estas podem modificar os padrões da precipitação, caudal e evapotranspiração em bacias hidrográficas (Santos 2016).

A maioria dos planos para a utilização de recursos hídricos assim como estudos hidrológicos tem como base a análise de frequências de variáveis hidrológicas. A análise de frequências tem como pressuposto a estacionariedade das séries. Carvalho (2020) aponta que devido as mudanças climáticas globais, a condição de estacionariedade das séries hidrológicas não pode ser garantida. Shamseddin e Chaibi (2019) avaliaram os impactos das mudanças climáticas nas sete maiores bacias hidrográficas africanas (Nilo, Senegal, Volta, Níger, Congo, Zambeze e Limpopo), baseando-se em artigos publicados recentemente em revistas com revisão de pares.

Macassa et al. (2019) direccionam as suas investigações

para a bacia hidrográfica do rio Incomáti, apontando para acréscimo da chuva no futuro de 7 a 9 % para os anos 2046 a 2085, com probabilidade de extremos de inundações e secas cada vez mais severos.

O objectivo do presente trabalho é de analisar tendência em séries de precipitação na bacia do rio Lúrio de forma que as informações obtidas possam ser incorporadas em estudos relacionados com a modelagem hidrológica e gestão de recursos hídricos.

## II. DADOS E MÉTODOS

### 2.1 Regressão linear simples

A regressão linear simples pode ser utilizada para indicar a existência de tendência em uma série temporal, por meio da análise da significância do coeficiente angular e do respectivo coeficiente de determinação (Santos 2016).

De acordo com Meschiatti et al. (2012), a série de dados é definida pela variável  $y$  (representando a variável em estudo), no tempo  $t$  (dias, meses, anos, períodos, etc.). Desta forma,  $y$  é uma função representada por  $y = f(t)$ . A recta da regressão linear pode ser obtida através da equação 1:

$$y = at + b \quad (1)$$

Onde:  $a$  - coeficiente angular da recta;  $b$  - ordenada na origem.

Na análise da regressão linear simples, quando  $a > 0$ , é possível afirmar que há uma tendência significativa de aumento. Se  $a < 0$ , é possível afirmar que há uma tendência significativa de diminuição. Através da recta de regressão, pode aferir-se se o coeficiente de correlação ( $r$ ) e o seu respectivo quadrado ( $r^2$ ) que é denominado coeficiente de determinação. Enquanto o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) é sempre positivo, variando entre 0 e +1, o coeficiente de correlação admite valores positivos e negativos. Neste caso, valores de  $r$  iguais ou próximos de -1 ou 1 indicam forte relação entre as variáveis  $t$  e  $y$ . Por sua vez, o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) mede a proporção de variação total  $y$  que é explicada pela variação da variável independente  $t$ , podendo ser representada em percentagem.

### 2.2 Teste de Mann-Kendall

Segundo Lira et al. (2020), o teste de Mann-Kendall baseia-se na variável estatística “S”. Trata-se de um teste que correlaciona as classificações de observações e sua sequência temporal, ou seja, compara cada valor da série com o outro valor anterior, em ordem sequencial, para determinar a variável estatística (Hamed, 2009; Salviano et al. 2016; Bartels et al. 2019).



A estatística “S” do teste é dada pela Equação 2:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sinal}(x_j - x_k) \quad (2)$$

Onde: n = número de observações;  $x_k$  é a observação anterior;  $x_j$  é a observação posterior; k = posição de  $x_k$  no tempo anterior; j = posição de  $x_j$  no tempo posterior.

A função sinal é definida, conforme a Equação 3:

$$\text{Sinal}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & \text{se } x_j - x_k > 0 \\ 0, & \text{se } x_j - x_k = 0 \\ -1, & \text{se } x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Para Ploszai (2014), o teste de Mann Kendall é feito com base em duas hipóteses:

$H_0$ : Não existe tendência na série de dados.

$H_1$ : Os dados possuem tendência, seja positiva ou negativa.

Por sua vez, a variância de S, representada por [VAR(S)], é definida pela Equação 4:

$$\text{VAR}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (4)$$

Caso haja repetição de dados na série histórica, [VAR(S)] fica sendo calculada pela Equação 5:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)t_p + 5] \quad (5)$$

Sendo que g o número de grupo com dados repetidos,  $t_p$  representa o número de dados no p-ésimo grupo.

Portanto, S e VAR(S) são utilizados para o cálculo da estatística Z. O valor do teste é obtido no resultado de Z de Mann-Kendall (ZMK), conforme a equação 6:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{[\text{VAR}(S)]^{1/2}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{[\text{VAR}(S)]^{1/2}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

O resultado de Z obtido na equação 6 deve ser comparado com a variável normal reduzida com nível de significância  $\alpha = 5\%$ . Para rejeitar a  $H_0$  é preciso que o valor absoluto de Z seja superior a  $Z_{\alpha/2}$ . Assim, considera-se tendência significativa ao nível de significância de 5% caso:  $Z < -1.96$  ou  $Z > 1.96$ .

### 2.3 Dados de Precipitação.

Devido a inexistência de registros longos de precipitação observada, recorreu-se a dados de precipitação geradas pelo modelo climático GDFL CM2.0 (*Geophysical Fluid Dynamic Laboratory-Climate Model 2.0*) desenvolvido pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

O modelo GFDL CM 2.0 possui quatro componentes acopladas: atmosférica, terrestre, polar e oceanica. Estas componentes estão acopladas de modo que haja transferência de fluxos entre elas. A resolução horizontal em terra é de  $2.5^\circ$  enquanto que a atmosférica é de  $2.0^\circ$  e esta dividida em 24 níveis verticais. O modelo utiliza um passo de tempo de 3 horas para a irradiação solar e um passo de tempo de 0,5 horas para outros fenômenos físicos da atmosfera, e inclui um ciclo diurno de insolação (Delworth et al., 2006).

### 2.4 Procedimento de validação dos dados de precipitação no modelo GDFL CM2.0

Com a utilização do programa computacional ArcView 3.2 através do complemento GeoSFM (Geospatial Stream Flow Model) foram criadas 73 sub-bacias (Figura 1), sendo as mesmas usadas para a estimativa da precipitação média no modelo GDFL CM2.0.

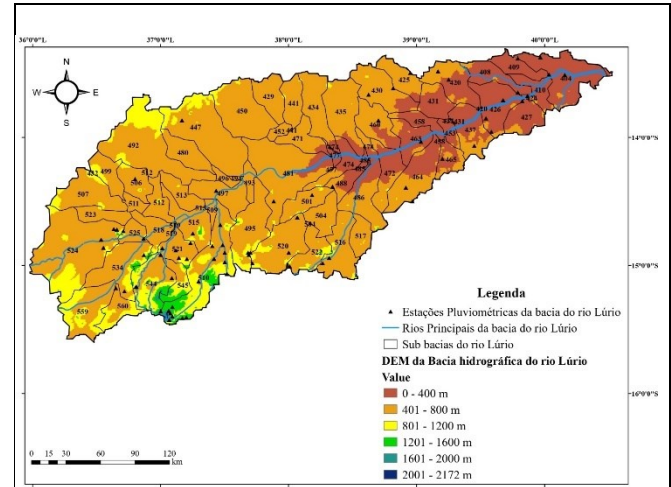


Figura 1 – Sub-bacias no e estações pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Lúrio.

Conforme se observa na figura 1, existem na bacia hidrográfica do rio Lúrio 71 estações pluviométricas, das quais, para o período em análise (1961/62-1999/00), apenas 3 encontravam-se inoperacionais, pelo que este aspecto indica uma boa cobertura de rede pluviométrica (96 %). Contudo, devido as inúmeras falhas e de grande períodos, a validação foi feita somente nas sub-bacias 404 e 510 (Tabela 1).

Tabela 1 - Estação Pluviométricas para a validação de dados no modelo GDFL CM2.0

Sub-Bacia no modelo GDFL CM2.0	Estação Pluviométrica	Período
404	P-608, P-720, P-949	1968/69-1972/73
510	P-233, P-249, P-280, P-442, P-455, P-610, P-757, P-783, P-922, P-941, P-942, P-993, P-1039, P-1095, P-1141, P-1171	1973/74

O cálculo da precipitação média observada nas sub-bacias foi feito recorrendo ao método de Thiessen (Equação 7).

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} P_i \quad (7)$$

onde:  $\bar{P}$  - é a precipitação média;  $A_i$  - é do polígono de Thiessen; A - é a área da subbacia;  $P_i$  - é a precipitação observada na estação contida no polígono  $A_i$ .

As Figuras 3a) e 3b) mostram os polígonos de Thiessen para as subbacias 404 e 510, respectivamente.

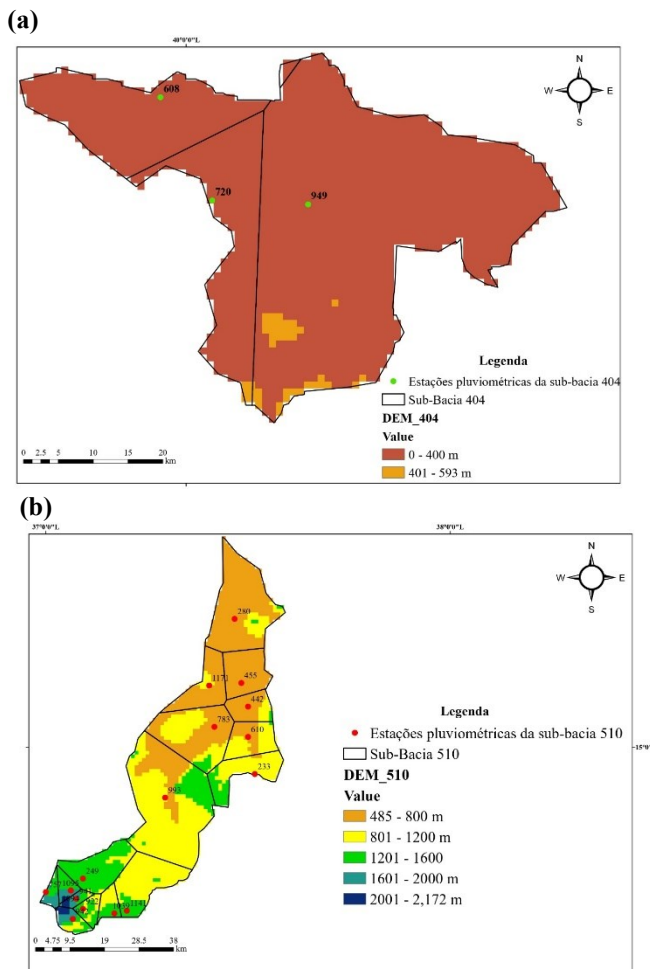


Figura 1: Sub-bacias seleccionadas e as respectivas estações (com os polígonos de Thiessen). (a) Sub-Bacia 404. (b) Sub-Bacia 510.

Em conformidade com Queiroga (2006), a estimativa da magnitude do erro das previsões consiste na comparação entre os valores de precipitação previstos e as precipitações observadas. A estimativa da magnitude do erro das previsões pode ser feita através seguintes métodos: coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), coeficiente de determinação ( $r^2$ ), erro absoluto médio (MAE – *Mean Absolute Error*), raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE – *Root Mean Squared Error*) e o índice de concordância (IC)

Nos parágrafos seguintes descrevem-se os métodos acima referidos.

- Coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) é dado pela equação 8 e indica a intensidade da associação linear existente entre as variáveis (observadas e estimadas). Seu valor varia de -1- a 1, com perfeita associação a 1 (Lima 2018).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{o,i} - \bar{x}_{o,i}) \times (x_{s,i} - \bar{x}_{s,i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{o,i} - \bar{x}_{o,i})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{s,i} - \bar{x}_{s,i})^2}} \quad (8)$$

Onde:  $r$  – Coeficiente de correlação de Pearson;  $n$  – número total de observações;  $x_{o,i}$  – precipitações observadas;  $\bar{x}_{o,i}$  – média das precipitações observadas no período;  $x_{s,i}$  – precipitações estimadas no período;  $\bar{x}_{s,i}$  – média das precipitações no período.

- Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) dado pela equação 9 é uma estatística de correlação padrão projetada para

determinar a força da relação linear entre dados simulados e observados (Legates e McCabe, 1990). Essa estatística descreve a proporção da variância total nos dados observados que pode ser explicada pelo modelo e os intervalos são expressos entre 0 e 1, com valores mais altos indicando a capacidade do modelo de explicar mais variância nos dados observados.

$$r^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_{o,i} - \bar{x}_{o,i}) \times (x_{s,i} - \bar{x}_{s,i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{o,i} - \bar{x}_{o,i})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{s,i} - \bar{x}_{s,i})^2}} \right]^2 \quad (9)$$

- Erro Absoluto Médio (MAE) dado pela equação 10 é uma métrica que calcula a média das diferenças entre as previsões de um modelo e os valores reais. É uma forma de avaliar a precisão média das previsões do modelo.

$$MAE = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n |(x_{s,i} - x_{o,i})| \quad (10)$$

- Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RMSE): representa a quantidade de erro na previsão em relação aos observados e é dada pela equação (11)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{s,i} - x_{o,i})^2}{n}} \quad (11)$$

- Índice de Concordância (IC) dado pela equação 12 é uma medida padronizada do grau de erro de previsão do modelo e varia entre 0 e 1 (Willmott et al., 1985). Um valor de 1 indica uma concordância perfeita e 0 indica nenhuma concordância.

$$IC = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_{s,i} - x_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (|x_{s,i} - \bar{x}_{o,i}| + |x_{o,i} - \bar{x}_{s,i}|)^2} \right] \quad (12)$$

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Validação de dados do modelo GFDL CM 2.0

A validação dos dados do modelo foi feita através da comparação com a precipitação observada no mesmo período.

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos dos testes estatísticos para a validação das estimativas do modelo GFDL CM 2.0.

Tabela 2: Testes estatísticos de validação de dados de precipitação extraídos do modelo GFDL CM 2.0.

Sub-Bacia	r	r <sup>2</sup>	MAE	RMSE	IC
404	0.930	0.8659	7.19	51.55	0.93
510	0.851	0.7254	64.85	102.61	0.78

Com base nos resultados dos testes estatísticos apresentados na Tabela 2, constou-se que:

#### a) Sub-Bacia 404

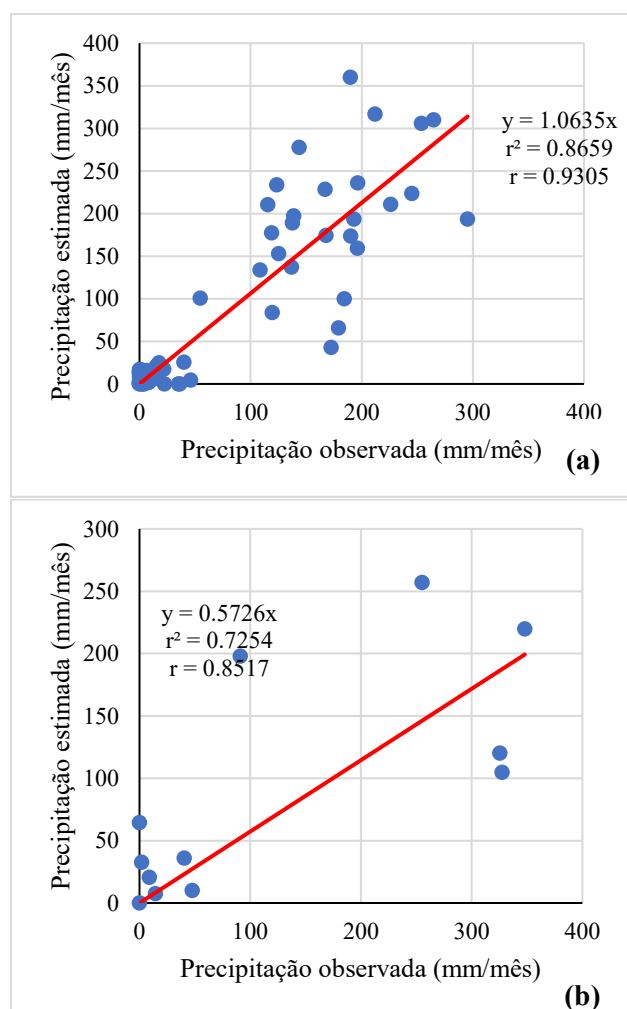
Em relação ao coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), as precipitações estimadas e observadas apresentaram uma forte

correlação positiva ( $r = 0.9305$ ), o que explica que as estimativas de precipitação estão em alta concordância com as observações, o que conduz a uma aceitação dos dados de precipitação estimados. O coeficiente de determinação ( $r^2 = 0.8659$ ), ele indica que aproximadamente 86,59% da variação na precipitação observada pode ser explicada pela variação na precipitação estimada. Isso sugere uma forte relação e ajuste entre os valores estimados e observados de precipitação. A linha de tendência comprova que existe uma boa homogeneidade de dados (Figura 4.(a)).

O Erro Absoluto Médio (MAE) de 7.19 indica que, em média, as estimativas de precipitação estão desviando cerca de 7.19 mm/mês das observações. Esse valor representa uma discrepância moderada entre as estimativas e as observações.

Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RMSE) de 51.55 indica que as estimativas de precipitação estão apresentando uma discrepância considerável, com uma penalização maior para erros maiores. Isso pode indicar que o modelo está tendo dificuldades em prever correctamente a precipitação em algumas situações específicas.

O Índice de Concordância (IC) de 0.93 indica que as estimativas de precipitação estão em alta concordância com as observações reais, o que implica uma simulação eficaz da precipitação, fornecendo resultados confiáveis e consistentes.



Figuras 1: Relação entre a precipitação estimada e a observada. (a) Sub-bacia 404. (b) Sub-bacia 510.

## b) Sub-Bacia 510

O Coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) indica que as precipitações estimadas e observadas apresentaram uma correlação positiva moderada a forte ( $r = 0.8217$ ), o que sugere que as estimativas de precipitação estão correlacionadas de forma significativa com as observações  $r$ , mostrando uma associação razoavelmente robusta. O coeficiente de determinação ( $r^2 = 0.7254$ ), implica que aproximadamente 72.54% da variação na precipitação observada pode ser explicada pela variação na precipitação estimada. A linha de tendência comprova que existe uma boa homogeneidade de dados (Figura 4.(b)).

O Erro Absoluto Médio (MAE) de 64.85 indica que, em média, as estimativas de precipitação estão desviando aproximadamente 64.85 mm/mês das observações de precipitação, facto que representa uma discrepância significativa entre as estimativas e as observações, e pode ser apontada como causa o facto de na mesma sub-bacia existirem muitas estações, e à medida que se calcula a precipitação média correspondente a cada área de influência de uma determinada estação pluviométrica, a precisão será reduzida.

Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RMSE) de 102.61 indica que, em média, as estimativas de precipitação estão desviando cerca de 102.61 mm/mês das observações reais. Índice de Concordância (IC).

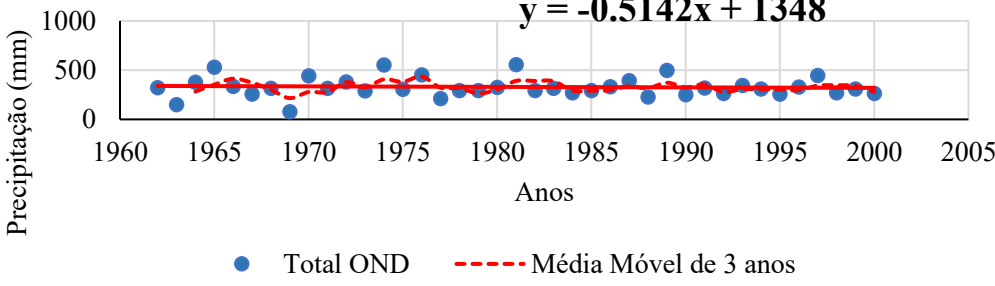
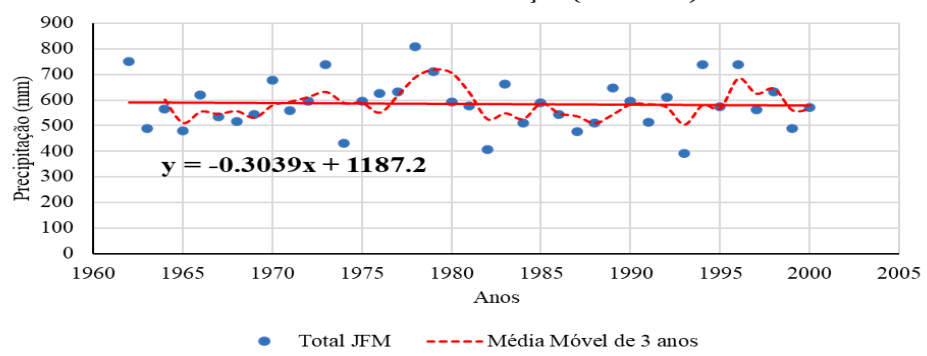
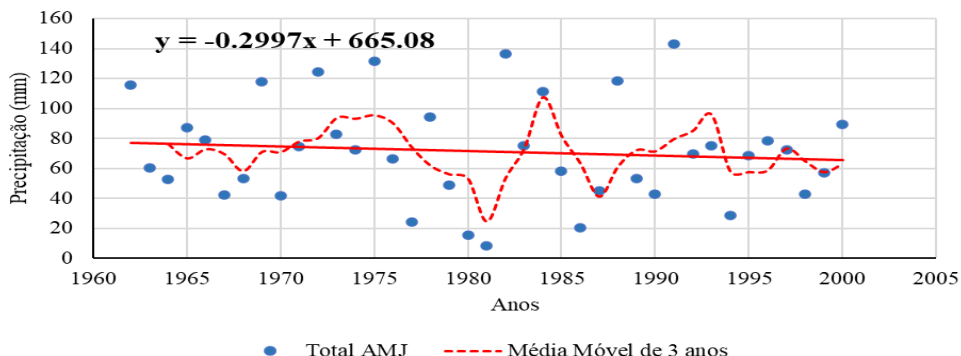
O IC de 0.93 indica uma confiança razoável nas estimativas de precipitação.

Com base no que foi exposto anteriormente, verifica-se que estimativas do modelo GFDL CM 2.0 são válidas e podem ser utilizados para análise de tendências em séries de precipitação na bacia do rio Lúrio.

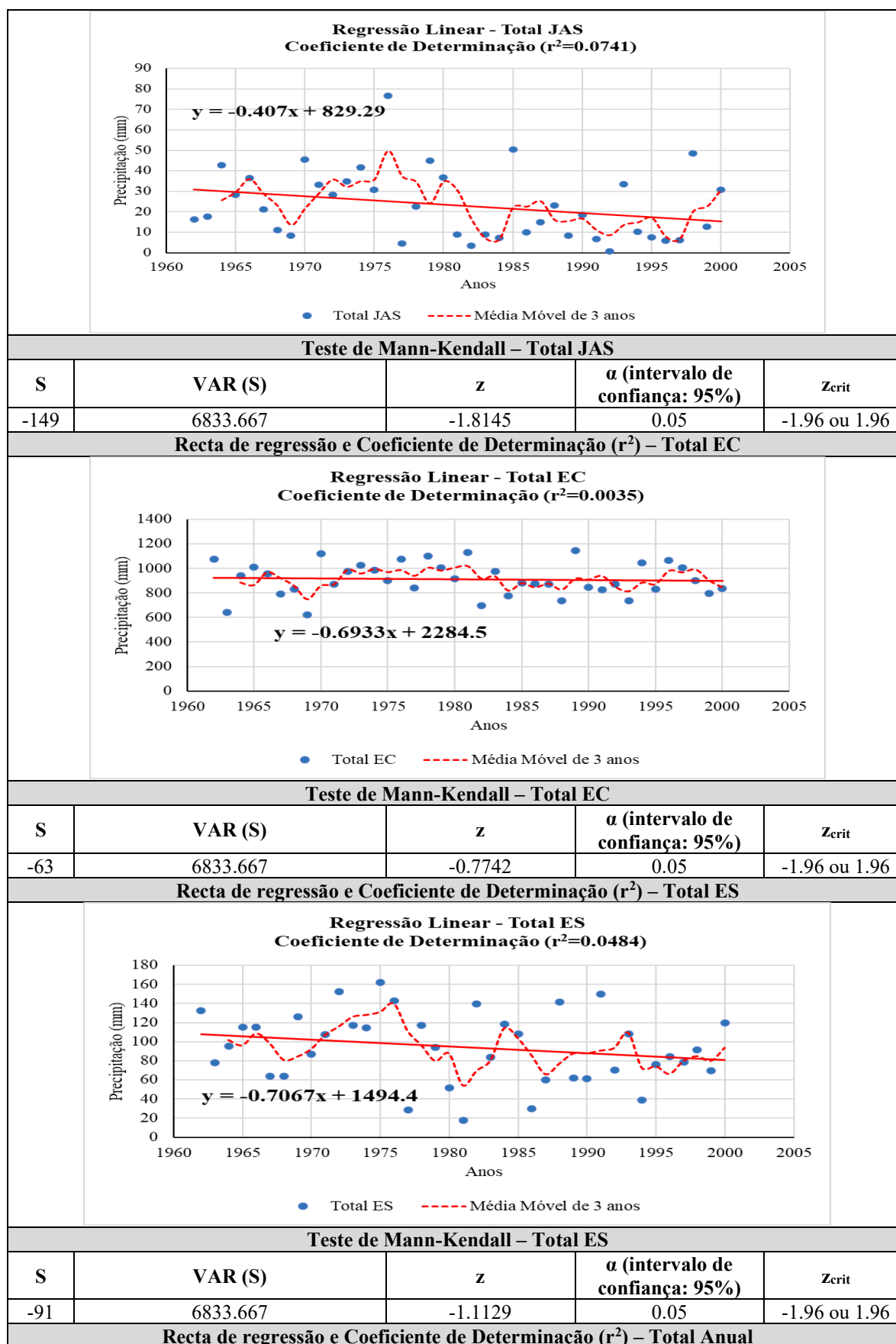
## 4.2 Análise de Tendências nas séries de precipitação

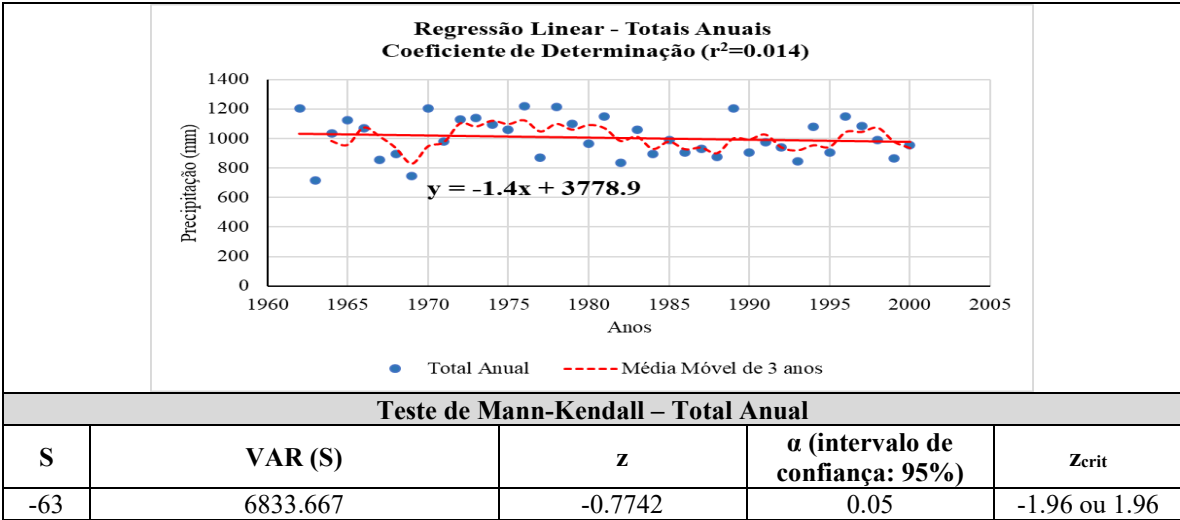
Foram utilizados os testes de regressão linear e de Mann-Kendall para a verificação de tendências nos dados de precipitação para o período 1961/62-1999/2000. O teste de Mann-Kendall foi realizado para um nível de significância de 95%. Os resultados dos testes de tendência nas séries históricas de precipitação para os trimestres Outubro-Novembro-Dezembro (OND), Janeiro-Fevereiro-Março (JFM), Abril-Maio-Junho (AMJ) e Julho-Agosto-Setembro (JAS), e para a Época Chuvosa (EC), Época Seca (ES) e totais anuais, são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados dos testes de tendência de dados históricos de precipitação.

Recta de regressão e Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) – Total OND				
<p><b>Regressão Linear - Total OND</b>  <b>Coeficiente de Determinação (<math>r^2=0.002</math>)</b>  <math>y = -0.5142x + 1348</math></p>  <p>● Total OND    - - - Média Móvel de 3 anos</p>				
Teste de Mann-Kendall – Total OND				
S	VAR (S)	z	$\alpha$ (intervalo de confiança: 95%)	Zcrit
-53	6833.667	-0.6532	0.05	-1.96 ou 1.96
Recta de regressão e Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) – Total JFM				
<p><b>Regressão Linear - Total JFM</b>  <b>Coeficiente de Determinação (<math>r^2=0.0013</math>)</b>  <math>y = -0.3039x + 1187.2</math></p>  <p>● Total JFM    - - - Média Móvel de 3 anos</p>				
Teste de Mann-Kendall – Total JFM				
S	VAR (S)	z	$\alpha$ (intervalo de confiança: 95%)	Zcrit
-9	6833.667	-0.1209	0.05	-1.96 ou 1.96
Recta de regressão e Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) – Total AMJ				
<p><b>Regressão Linear - Total AMJ</b>  <b>Coeficiente de Determinação (<math>r^2=0.0099</math>)</b>  <math>y = -0.2997x + 665.08</math></p>  <p>● Total AMJ    - - - Média Móvel de 3 anos</p>				
Teste de Mann-Kendall – Total AMJ				
S	VAR (S)	z	$\alpha$ (intervalo de confiança: 95%)	Zcrit
-41	6833.667	-0.5081	0.05	-1.96 ou 1.96
Recta de regressão e Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) – Total JAS				







Pela análise da recta de regressão linear, percebe-se que todas as séries históricas de precipitação apresentaram tendência de redução, porém com coeficientes angulares e coeficientes de determinação muito baixos. A série histórica que apresentou o maior coeficiente de determinação foi a referente aos períodos anuais, onde  $r^2 = 0.014$ . Tal resultado, indica que apenas 1,4% das variações pluviométricas, em redução, estão relacionadas com o avanço do tempo, ou seja, há uma pequena redução.

O teste de Mann-Kendall, por sua vez, não apresentou tendência significativa em todas as séries históricas. A Tabela 4 apresenta o resultado das análises de existência de tendências para as séries de dados históricos de precipitação.

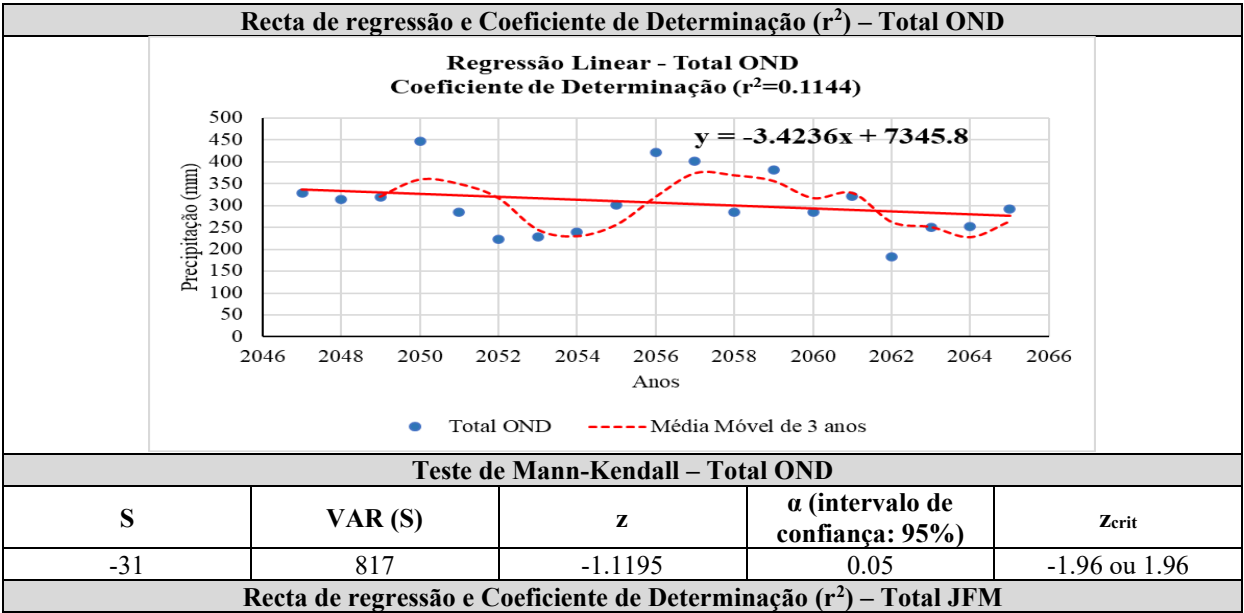
Para a análise de tendências em séries futuras, foram utilizados dados de precipitação para o período 2046/47-2064/65. Os resultados dos testes de tendência nas séries futuras de precipitação para os trimestres Outubro-Novembro-Dezembro (OND), Janeiro-Fevereiro-Março (JFM), Abril-Maio-Junho (AMJ) e Julho-Agosto-Setembro (JAS), e para a Época Chuvosa (EC), Época Seca (ES) e totais anuais, podem ser encontrados na Tabela 5.

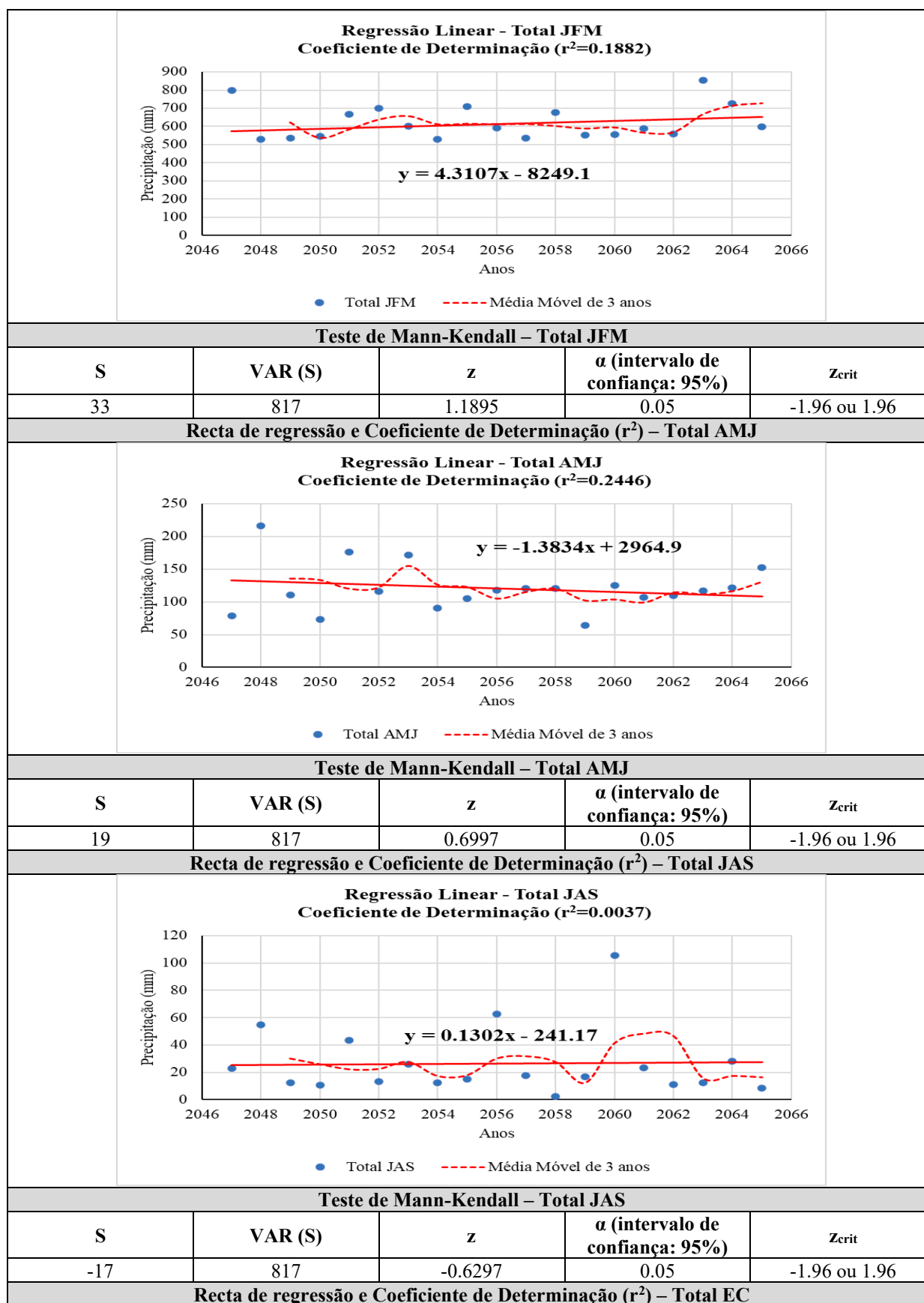
Tabela 4. Resultados da análise da existência de tendências para as séries de dados históricos de precipitação.

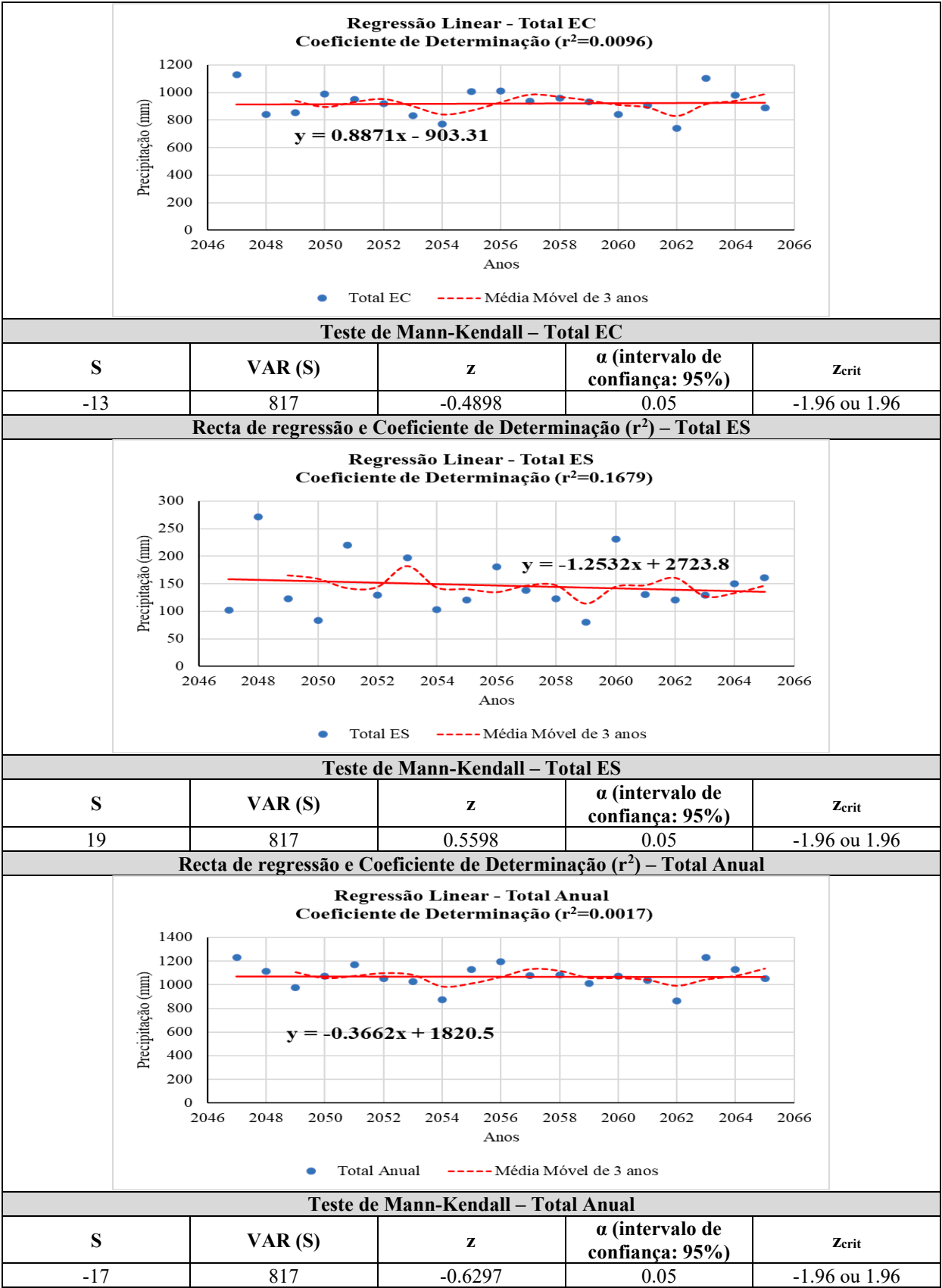
Teste de Regressão Linear			
Séries	Coefficiente de Det. ( $r^2$ )	Coefficiente angular ( $a$ )	Tendência
Total OND	0.002	-0.3894	Inexistente
Total JFM	0.0013	-0.3039	Inexistente
Total AMJ	0.0099	-0.2997	Inexistente
Total JAS	0.0741	-0.407	Inexistente
EC	0.0035	-0.6933	Inexistente
ES	0.0484	-0.7067	Inexistente
Total Anual	0.014	-1.4	Inexistente
Teste de Mann-Kendall			
Séries	z	Significância Estatística*	Tendência
Total OND	-0.6532	NS	Inexistente
Total JFM	-0.1209	NS	Inexistente
Total AMJ	-0.5081	NS	Inexistente
Total JAS	-1.8145	NS	Inexistente
EC	-0.7742	NS	Inexistente
ES	-1.1129	NS	Inexistente
Total Anual	-0.7742	NS	Inexistente

Legenda: \*Para ter significância estatística:  $z < -1.96$  ou  $z > 1.96$  (com um nível de significância de  $\alpha = 0,05$ ) NS: Nenhuma significância estatística.

Tabela 5: Resultados dos testes de tendência de dados futuros de precipitação.







Pela análise do coeficiente angular da recta de regressão linear, percebe-se que as séries de projecção de precipitação correspondentes aos períodos OND, AMJ, Época Seca e Totais anuais apresentaram tendência de redução, com diferentes magnitudes. Em contrapartida, os coeficientes das séries correspondentes aos períodos JFM, JAS e Época Chuvosa apresentaram tendência de aumento. A série de projecção que apresentou o maior coeficiente de determinação

foi a referente ao período AMJ, onde  $r^2 = 0.2446$ , indicando que 24,46% das variações pluviométricas, em redução, estão relacionadas com o avanço do tempo. Pelo facto dos coeficientes de correlação serem baixos, conclui-se que não existe tendência nas séries.

O teste de Mann-Kendall, por sua vez, não apresentou nenhuma tendência significativa nas séries. A tabela 6 apresenta o resultado das análises de existencia de tendências



para as séries de dados históricos de precipitação.

Tabela 6: Resultados da análise da existência de tendências para as séries de dados históricos de precipitação.

Teste de Regressão Linear			
Séries Futuras	Coefficiente de Det. (r <sup>2</sup> )	Coefficiente angular (a)	Tendência
Total OND	0.1144	-3.4236	Inexistente
Total JFM	0.1882	4.3107	Inexistente
Total AMJ	0.2446	-1.3834	Inexistente
Total JAS	0.0037	0.1302	Inexistente
EC	0.0096	0.8871	Inexistente
ES	0.1679	-1.2532	Inexistente
Total Anual	0.0017	-0.3662	Inexistente
Teste de Mann-Kendall			
Séries Futuras	z	Significância Estatística*	Tendência
Total OND	-1.1195	NS	Inexistente
Total JFM	1.1895	NS	Inexistente
Total AMJ	0.6997	NS	Inexistente
Total JAS	-0.6297	NS	Inexistente
EC	0.4898	NS	Inexistente
ES	0.5597	NS	Inexistente
Total Anual	-0.6297	NS	Inexistente

Legenda: \*Para ter significância estatística:  $z < -1.96$  ou  $z > 1.96$  (com um nível de significância de  $\alpha = 0,05$ ) NS: Nenhuma significância estatística.

## V. CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES

Recorrendo à análise de regressão linear, verifica-se que todos os coeficientes de determinação são baixos. Entretanto, os coeficientes angulares mostram uma pequena variação, tanto histórica assim como no futuro, porém muito pouco significativas. Pelo teste de Mann-Kendall, todas as séries, tanto históricas assim como futuras, não apresentaram nenhuma tendência significativa.

Portanto, com base nos estudo apresentado neste artigo, pode-se concluir que as mudanças climáticas não criam modificação significativa nos padrões de precipitação total trimestral, semestral e anual na Bacia Hidrográfica do Rio Lúrio.

As limitações do presente trabalho incluem a utilização de séries de precipitação medidas com várias interrupções de registos e a validação do modelo climático com médias espaciais fracamente distribuídas nas sub-bacias, oque de certa forma reduziu a precisão e acurácia.

## AGRADECIMENTOS

O primeiro autor, agradece a Direção Nacional de Recursos Hídricos de Moçambique ,pela disponibilização do modelo GFDL CM 2.0 e informações valiosas, que tornaram possível este trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Bartels, R.J., A. Black B. Keim. (2019). Trends in precipitation days in the United States. *International Journal of Climatology*. 40 (2), 1038-1048.
- Carvalho, C. M. (2020). Série Hidrológica Não Estacionária E Os Riscos E Incertezas Nas Tomadas De Decisões No Planejamento Dos Recursos Hídricos. [Tese de Doutorado, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria].

Hamed, K.H. (2009). Exact distribution of the Mann-Kendall trend test statistic for persistent data. *Journal of Hydrology*. 365 (1-2), 86-94.

Legates, D., McCabe G., (1999). Evaluating the use of “goodness-of-fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Res.* 35 (1), 233-241.

Lima, Anderson. (2018). Estimativa da série de precipitação de uma bacia sem dados históricos. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM*. 40, 01-10. DOI:10.5902/2179460X34407.

Lira, B., Luiza L., Juliane C., Laila S., Lindemberg F. (2020). Identificação de Homogeneidade, Tendência e Magnitude da Precipitação em Belém (Pará) entre 1968 e 2018. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*. 43 (4), 426-439.

Macassa, E. I. J., Fernando J. N. Matias, Fill, H. D. O. A. (2019). Impacto Das Mudanças Climáticas Na Gestão Dos Recursos Hídricos Na África Austral: Caso Da Bacia Do Rio Incomati (Moçambique. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

Meschiatti, M., M. Fontolan, J. Penereiro, D. Ferreira. (2012). Caracterização estatística de tendências em séries anuais de dados hidro-climáticos no Estado de São Paulo. *Revista Geográfica Acadêmica*. 6 (1), 52-64.

Ploszai, R. (2014). Análise de tendências no regime de chuvas em Curitiba usando cenários de modelos climáticos regionais.[ Dissertação de Mestrado, Departamento de Hidráulica e Saneamento].

Queiroga, Y. (2006). Análise das previsões de precipitação do Modelo ETA realizadas durante a operação do Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce [Dissertação de Mestrado, Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais].

Santos, G. (2019). Impacto das Mudanças Climáticas nas Variáveis Hidrológicas da Bacia do Rio Descoberto [Trabalho de conclusão do curso de Licenciatura, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília].

Willmott, C., R. Davis, J. Feddema, J. Johannes, K. Klink, D. Legates, C. Rowe, S. Ackleson, J. O'Donnell (1985). Statistics for the Evaluation and Comparison of Models. *Journal of Geophysical Research*. 90 (1), 8995-9005.

Shamseddin, A. M., Chaibi, T.(2019). Scanning climate change impacts on water resources of the largest African river basins. *International Journal of River Basin Management*. 18, 33-38

Delworth, T. L., Broccoli, A. J., Rosati, A., Stouffer, R. J., Balaji, V., Beesley, J. A., Cooke, W. F., Dixon, K. W., Dunne, J., Dunne, K. A., Durachta, J. W., Findell, K. L., Ginoux, P., Gnanadesikan, A., Gordon, C. T., Griffies, S. M., Gudgel, R., Harrison, M. J., Held, I. M., Hemler, R. S., Horowitz, L. W., Klein, S. A., Knutson, T. R., Kushner, P. J., Langenhorst, A. R., Lee, H.-C., Lin, S.-J., Lu, J., Malyshev, S. L., Milly, P. C. D., Ramaswamy, V., Russell, J.,... & Zhang, R. (2006). GFDL's CM2 global coupled climate models. Part I: Formulation and simulation characteristics. *Journal of Climate*. 19(5),

**Instituto Superior de Transportes e Comunicações**

Prolong. da Av. Kim Il Sung (IFT/TDM) Edifício D1, Maputo -  
Moçambique Tel. (+258) 21 488 792/5 Cel. (+258) 82 306 2620 |  
(+258) 84 312 9246

WhatsApp: (+258) 82 306 2620; e-mail; [isutc@isutc.co.mz](mailto:isutc@isutc.co.mz)

ISU-RESEARCH (Vol. III, n° 1), Publicação: 19 de Dezembro de 2025

● GARANTE O TEU FUTURO ●

COM UMA FORMAÇÃO SÓLIDA.