

-tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

v. 11 n. 1
jan./jun. | 2026
ISSN: 2526-2130

-tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

v. 10 n. 2
jul./dez. | 2025
ISSN: 2526-2130

Expediente

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS

Reitora

Oneida Cristina Gomes Barcelos Irigon

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação

Lorena Pereira de Souza Rosa

Coordenadora da Editora IFG e Editora-Chefe da Tecnia

Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Editor-Adjunto

Marcos Vinícius da Costa Meireles

Editor-Assistente

Kepler Benchimol Ferreira

Editor-Assistente

Lucas de Jesus Santos

Editor-Assistente

Olliver Robson Mariano Rosa

Editores de Seção

Adriano de Melo Ferreira

Alessandro Silva de Oliveira

Almir Zandoná Júnior

Bruno César Barreto de Figueirêdo

Bruno Gabriel. G. L. Z. Vicente

Danielly Bandeira Lopes

Darlene Ana de Paula Vieira

Francisco Regis Vieira Alves

Geisa Pires da Silva

Gustavo Louis Henrique Pinto

Ione Mendes Silva Ferreira

Júlio César de Souza

Jucélio Costa de Araújo

Maria Aparecida R. de Souza

Marise Santos Maranhão Takano

Marlon André Capanema

Paulo Prates Júnior

Rita Rodrigues de Souza

Projeto Gráfico e Capa

Pedro Henrique Pereira de Carvalho

Diagramação, Revisão e Normalização

Coelum Editorial

Revisão de Língua Estrangeira

Coelum Editorial (inglês)

Rita Rodrigues de Souza (espanhol)

Apoio

A revista Tecnia conta com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg)

Imagem da Capa

GANDARA, Lemuel. Sintonia. 2025. Acrílica sobre tela, 82 x 62 x 4,5 cm, com moldura. Reprodução fotográfica.

Conselho Científico

ADRIANA GOMES DICKMAN

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/MG), Brasil

ÂNGELO MÁRCIO LEITE DENADAI

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

ANNA MARIA CANAVARRO BENITE

Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

CARLOS FERNANDO DA SILVA RAMOS

Instituto Politécnico do Porto (IPP), Portugal

CELINA CASSAL JOSETTI

Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEDF), Brasil

CIBELE SCHWANKE

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Brasil

DIÓGENES BUENOS AIRES DE CARVALHO

Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Brasil

EDÉSIO FIALHO DOS REIS

Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

EDUARDO MARTINS GUERRA

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil

ENOQUE FEITOSA SOBREIRA FILHO

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil

EVA TEIXEIRA DOS SANTOS

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil

FERNANDO ANTONIO BATAGHIN

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil

FERNANDO FÁBIO FIORESE FURTADO

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

INALDO CAPISTRANO COSTA

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

IRIA BRZEZINSKI

Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC/GO), Brasil

JEANE SILVA FERREIRA

Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Brasil

Pareceristas

ADRIANO PARANAÍBA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

ANGÉLICA KOPPE – Instituto de Pós-Graduação e Graduação (IPOG)

ARTHUR PIRES AMARAL – Universidade Federal de Goiás (UFG)

CAMILLA BOTEAGA AGUIAR KOGAWA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

CLEIDINALDO AGUIAR SOUZA – Universidade Federal do Piauí (UFPI)

DEVACIR VAZ DE MORAES – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT)

FABIO CARVALHO – Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

FÁBIO LUIZ NUNES – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG)

FÁBIO MODESTO – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)

GARDENYA FÉLIX – Tribunal de Contas do Estado de Roraima (TCERR)

JADILSON SILVA SOUZA – Secretaria da Educação do Estado da Bahia (SEC/BA)

JAQUELINE OLIVEIRA REZENDE – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

JULLYANA BORGES FREITAS – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

LIANA DE LUCCA JARDIM BORGES – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

LUAN TORRES – Centro Universitário Araguaia (UniAraguaia)

NAYARA SANTANA DE PAULA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

PATRÍCIA MARGON – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

ROSANE DE PAULA CASTRO – Centro Universitário Araguaia (UniAraguaia)

ROSIRIS PEREIRA DE SOUZA – Universidade Federal de Goiás (UFG)

SYLVANA KARLA DA SILVA DE LEMOS SANTOS – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (IFB)

THÁISSA DE MELO CÉSAR – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

THIAGO BEIRIGO LOPES – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT)

Sumário

Editorial	6
KEPLER BENCHIMOL FERREIRA	
Avaliação do potencial das trilhas ecológicas para a oferta de serviços ecossistêmicos culturais	8
HELEN LIMA DE ANDRADE KARLA MARIA SILVA DE FARIA	
Construção e evidências de validade de uma escala de conhecimento em segurança no trabalho	22
CARLOS MANOEL LOPES RODRIGUES CRISTIANE FAIAD	
Uma revisão bibliográfica sobre a alimentação e suas dimensões nos ambientes educacionais	40
RENATA DAVID DE MORAES DAYANNA PEREIRA DOS SANTOS	
Effect of different mineral additions on colored self-compacting micro concrete produced with residual sand	63
ANDRESSA DE ANDRADE TASSI EDGAR BACARJI OSWALDO CASCUDO MATOS	
Fundamentos da radiolocalização por triangulação	95
RAFAEL SARAIVA CAMPOS	
Instalação de sistemas fotovoltaicos em Paracatu/MG: características e indicadores	120
JOÃO MARCOS MARTINS SILVA ALÉX GOMES DA SILVA	
Jogos digitais no ensino da matemática para crianças	136
CARLOS RODRIGUES PINTO JÚNIOR HAYSSA GABRIELLY BRITO BARROSO SYLVANA KARLA DA SILVA DE LEMOS SANTOS	
Desafiando o cérebro: funções executivas e as novas formas de pensar e aprender	154
MEYRE ANE SAMPAIO MOREIRA MARIA RAIDALVA NERY BARRETO	
Petese, uma ferramenta ergonômica pedagógica para avaliação de software educacional	173
MAYRA CAMELO MADEIRA DE MOURA DAIANE SOARES VERAS	

Ícaro, Dédalo e a Sociedade do Excesso: ética, prudência e regulação no capitalismo tecnológico **189**

LARA PASSINI VAZ-TOSTES

A crise do estruturalismo tardio: perspectivismo e animismo, repensando cultura, natureza, espírito e corporeidade **204**

TERENCE TURNER

LUCAS DE JESUS SANTOS

Editorial

Esta edição da revista *Tecnia* constitui um marco histórico, pois comemora dez anos de publicação ininterrupta de sua fase atual, iniciada em 2016. Contudo, essa trajetória é ainda mais longa: o periódico teve sua origem em 1993, permanecendo ativo até 2003, antes da retomada definitiva relatada por Souza e Ferreira (2016) no artigo *Gênese, trajetória e perspectiva da Tecnia*.

Nesse contexto, de forma oportuna, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) publicou a avaliação de periódicos referente ao quadriênio 2021-2024, na qual a *Tecnia* ascendeu ao estrato *Qualis A4*. A importância dessa classificação para o Instituto Federal de Goiás (IFG) é estratégica em diversas frentes:

- *Valorização da Pós-Graduação*: elevação da pontuação dos programas de mestrado e doutorado da Instituição.
- *Internacionalização*: atração de pesquisadores de centros de excelência, ampliando o alcance das discussões científicas.
- *Credibilidade Institucional*: consolidação do IFG como uma instituição que produz conhecimento sob rigorosos padrões de qualidade editorial.

Para celebrar esse momento, apresentamos 11 artigos nesta edição (v. 11, n. 1), de pesquisadores de diversas instituições, como CEUB, UnB, IFB, IFG, UFG, Cefet/RJ, IFTM, Uneb, IFBA e PUC Minas.

O artigo de abertura, *Avaliação do potencial das trilhas ecológicas para a oferta de serviços ecossistêmicos culturais*, de Helen Lima de Andrade e Karla Maria Silva de Faria, investiga a Trilha do Peba no Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco (Peamp). O estudo utiliza um checklist de indicadores para demonstrar a importância da unidade como refúgio de biodiversidade do Cerrado, ao mesmo tempo que aponta lacunas na infraestrutura que demandam investimentos.

Em seguida, o trabalho *Construção e evidências de validade de uma escala de conhecimento em segurança no trabalho*, de Carlos Manoel Lopes Rodrigues e Cristiane Faiad, descreve a validação da Escala de Conhecimento de Segurança no Trabalho (ECST). Testada com trabalhadores da agroindústria e do setor de transportes, a escala apresentou uma estrutura unifatorial sólida, servindo como ferramenta para diagnosticar a compreensão de normas de segurança.

O terceiro texto, *Uma revisão bibliográfica sobre a alimentação e suas dimensões nos ambientes educacionais*, de Renata David de Moraes e Dayanna Pereira dos Santos, analisa a influência do ambiente escolar nos hábitos alimentares. As autoras destacam que a adesão ao Pnae está associada ao consumo de alimentos mais saudáveis, enquanto a presença de cantinas favorece o consumo de ultraprocessados.

Na sequência, o artigo *Effect of different mineral additions on colored self-compacting micro concrete produced with residual sand*, de Andressa de Andrade Tassi, Edgar Bacarji e Oswaldo Cascudo Matos, explora a tecnologia de materiais na construção civil. O estudo avalia o desempenho de microconcretos autoadensáveis coloridos, demonstrando a viabilidade técnica desses materiais como alternativa sustentável.

O quinto trabalho, *Fundamentos da radiolocalização por triangulação*, de Rafael Saraiva Campos, apresenta uma análise rigorosa dos princípios matemáticos da radiolocalização. Por meio de simulações, o autor investiga como parâmetros sistêmicos impactam a acurácia da estimativa de posição de nós-alvo. Já o artigo *Instalação de sistemas fotovoltaicos em Paracatu/MG*, de João Marcos Martins Silva e Aléx Gomes da Silva, traça um panorama da energia solar no município mineiro entre 2016 e 2023, evidenciando que a classe rural lidera em potência instalada.

No campo da educação infantil, o trabalho *Jogos digitais no ensino da matemática para crianças*, de Carlos Rodrigues Pinto Júnior, Hayssa Gabrielly Brito Barroso e Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos, propõe o jogo “MatematiPlay” para auxiliar na fixação de princípios de contagem. Ainda na temática educacional, *Desafiando o cérebro: funções executivas e as novas formas de pensar e aprender*, de Meyre Ane Sampaio Moreira e Maria Raidalva Nery Barreto, discute o uso da gamificação para estimular a atenção e a memória de trabalho.

O nono artigo, *Petese, uma ferramenta ergonômica pedagógica para avaliação de software educacional*, apresentado por Mayra Camelo Madeira de Moura e Daiane Soares Veras, introduz um instrumento que integra critérios construtivistas e normas de usabilidade. Em uma abordagem filosófica, *Ícaro, Dédalo e a Sociedade do Excesso*, de Lara Passini Vaz-Tostes, utiliza a metáfora mitológica para criticar a desmesura do capitalismo tecnológico.

Encerrando a edição, temos a tradução do texto *A crise do estruturalismo tardio: perspectivismo e animismo, repensando cultura, natureza, espírito e corporeidade*, de Terence Turner (traduzido por Lucas de Jesus Santos), que realiza uma crítica profunda às relações entre natureza e cultura na etnologia amazônica.

Agradecemos ao Instituto Federal de Goiás, à Fapeg e a todos os colaboradores pela conquista do *Qualis A4*, o que representa a consolidação da *Tecnia* como um veículo de referência. O apoio da Fapeg foi o catalisador necessário para essa importante conquista.

Aos nossos leitores, desejamos uma boa leitura.

Kepler Benchimol Ferreira
Editor-Assistente

REFERÊNCIA:

SOUZA, R. R.; FERREIRA, K. B. Gênese, trajetória e perspectiva da *Tecnia*. *Tecnia*, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 5-10, 2016.

Avaliação do potencial das trilhas ecológicas para a oferta de serviços ecossistêmicos culturais

Evaluation of the Potential of Ecological Trails for the Provision of Cultural Ecosystem Services
Evaluación del Potencial de los Caminos Ecológicos para la Provisión de Servicios Ecosistémicos Culturales

HELEN LIMA DE ANDRADE¹

KARLA MARIA SILVA DE FARIA²

RESUMO

Este projeto teve como objetivo avaliar os serviços ecossistêmicos culturais (SECs) presentes em uma trilha do Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco (Peamp), localizado próximo à área urbana de Goiânia, Goiás. A metodologia utilizada envolveu a aplicação de um *checklist* de indicadores de SECs ao longo da trilha, visando identificar a presença e a qualidade desses serviços no ambiente. Os resultados destacaram a importância do Peamp como um refúgio da biodiversidade do Cerrado, oferecendo oportunidades para a conexão da sociedade com a natureza e a promoção da educação ambiental. Entretanto, observou-se lacunas na infraestrutura e na oferta de serviços ao longo da trilha, sugerindo a necessidade de investimentos para melhorar a experiência dos visitantes e promover o desenvolvimento sustentável da região. Em síntese, o estudo ressalta a importância de valorizar e conservar os serviços ecossistêmicos em áreas urbanas e próximas a elas como forma de promover o bem-estar humano e garantir a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos; culturais; trilhas urbanas.

ABSTRACT

This project aimed to evaluate the cultural ecosystem services (CES) present on a trail in the Altamiro de Moura Pacheco State Park (PEAMP), located near the urban area of Goiânia, Goiás. The methodology involved applying a checklist of CES indicators along the trail to identify the presence and quality of these services in the environment. The results highlighted the importance of PEAMP as a biodiversity refuge of the Cerrado, offering opportunities for societal connection with nature and the promotion of environmental education. However, gaps were identified in the infrastructure and service provision along the trail, suggesting the need for investments to improve visitor experience and promote sustainable development in the region. In summary, the study underscores the importance of valuing and conserving ecosystem services in urban areas as a means to promote human well-being and ensure environmental sustainability.

Keywords: ecosystem services; cultural; urban trails.

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue evaluar los servicios ecosistémicos culturales (SEC) presentes en un camino del Parque Estatal Altamiro de Moura Pacheco (Peamp), situado cerca de la zona urbana de Goiânia, Goiás. La metodología utilizada consistió en la aplicación de una lista de verificación de indicadores de SEC a lo largo del camino, con el fin de iden-

1 Universidade Federal de Goiás (UFG). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4879-4850>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7997175638061009>. E-mail: helenl.andrade@discente.ufg.br.

2 Universidade Federal de Goiás (UFG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9381-932X>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2186337194534589>. E-mail: karla_faria@ufg.br.

tificar la presencia y la calidad de estos servicios en el medio ambiente. Los resultados destacaron la importancia del PEAMP como refugio de la biodiversidad del Cerrado, ofreciendo oportunidades para conectar a la sociedad con la naturaleza y promover la educación ambiental. Además, se identificaron deficiencias en la infraestructura y la oferta de servicios a lo largo del camino, lo que sugiere la necesidad de inversiones para mejorar la experiencia de los visitantes y promover el desarrollo sostenible de la región. En resumen, el estudio destaca la importancia de valorar y conservar los servicios ecossistêmicos en las zonas urbanas y sus alrededores, como forma de promover el bienestar humano y garantizar la sostenibilidad medioambiental.

Palabras clave: servicios ecossistêmicos; culturales; caminos urbanos.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade humana se constituiu a partir da utilização de recursos naturais como a base para construção do bem-estar econômico, o qual se associa ao uso da biodiversidade e da geodiversidade. Dessa forma, os recursos dos ecossistemas prestam “serviços” à sociedade de forma direta ou indireta (Constanza *et al.*, 2014). As atividades desempenhadas pelos ecossistemas são responsáveis por fornecer benefícios com potencial para serem valorados e refletidos economicamente, sendo denominadas de serviços ecossistêmicos (SE) (Van Hardeveld *et al.*, 2018).

Os SE foram classificados e avaliados com robustez, pela primeira vez, na Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, sigla em inglês). O MEA consiste em um estudo das Nações Unidas, publicado em 2005, após uma criteriosa análise de cerca de 1300 cientistas que buscavam elaborar um documento guia para subsidiar os responsáveis pela tomada de decisão na avaliação das alterações sofridas em ecossistemas e dos serviços prestados por eles ao redor do mundo (Façanha *et al.*, 2017).

De acordo com o MEA, os SE são benefícios diretos ou indiretos que agregam sensação de bem-estar e conforto para a sociedade (Constanza *et al.*, 1997). Esse estudo trouxe bases conceituais, revisadas por diferentes entidades, que atribuem novos parâmetros através de indicadores da prestação desses SE (Milcu *et al.*, 2013). Esses serviços podem ser divididos em quatro categorias, sendo elas: provisão, regulação, cultural e suporte.

Na categoria de Serviços Ecossistêmicos Culturais (SECs), segundo o MEA, tem-se a atribuição de valor sentimental e afetivo, como também de senso estético, espiritual, religioso e holístico aos elementos da paisagem, de forma que se estabelece uma conexão significativa entre o indivíduo e os elementos do ecossistema (Lisboa *et al.*, 2016; Reid *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2020).

O Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) v5.1 expandiu essa definição, incorporando os conceitos de senso de pertencimento e identidade cultural como indicadores cruciais que associam a cultura aos ecossistemas terrestres. Além disso, destaca outros importantes indicadores presentes na paisagem e na interação com ela, conforme apontado por Czúcz *et al.* (2018).

Considerando a importância desses processos executados por diferentes ecossistemas, verifica-se a necessidade de se entender em qual escala e extensão pode-se encontrar os SECs. Além disso, é preciso observar se em zonas urbanas eles são desempenhados da mesma maneira que nas áreas naturais ou com pouca intervenção humana (Gaudereto *et al.*, 2018).

Nas zonas urbanizadas, deve-se escolher um espaço que ofereça condições para que ocorra uma análise de indicadores de presença e qualidade de prestação dos SECs (La Rosa *et al.*, 2016). Pensando nessa questão, as trilhas ecológicas constituem uma área de representação do desempenho de alguns serviços ecossistêmicos, principalmente culturais, que podem ser observados e trabalhados de acordo com a cultura da população local (Gaudereto *et al.*, 2018).

Esses trajetos, geralmente presentes em zonas de conservação, em contextos urbanos, podem se tornar peças-chave para a abordagem necessária à discussão acerca da garantia de serviços ecossistêmicos culturais em meios que receberam muitas modificações realizadas pela sociedade (Meira *et al.*, 2020).

A avaliação dos SECs determina o entendimento do papel do ecossistema na construção e na estrutura social das cidades, uma vez que a compreensão da importância dos serviços ecossistêmicos é um fator determinante para a manutenção de esforços de conservação da biodiversidade e para a formulação de políticas socioeconômicas que garantam o acesso social aos recursos provenientes da natureza (Luisetti *et al.*, 2013; Constanza *et al.*, 2014).

Na abordagem da compreensão dos SECs é importante considerar os espaços que permitem uma abordagem completa, através da interação do indivíduo com o meio ambiente ou de exemplos práticos da relação de benefícios dessa interação (Torres *et al.*, 2011). Trilhas ecológicas podem atuar como esse espaço, uma vez que a infraestrutura para visitantes cria uma demanda de serviços que oferecem conforto ou registros dos momentos vivenciados (Kaneshiro *et al.*, 2013).

Para a população goiana, um exemplo de espaço que oferece trilhas gratuitas e abertas para visitação é o Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco (PEAMP), que corresponde a uma Unidade de Conservação Estadual (UC) situada próximo à área urbana da capital do estado, Goiânia. As funções ecossistêmicas exercidas nessa UC têm potencial econômico e turístico para contribuir com o desenvolvimento sustentável da grande Goiânia.

A partir do exposto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar os SECs presentes em uma das trilhas do Peamp, com a expectativa de fornecer dados para subsidiar as justificativas de criação de espaços para turismo sustentável que promova a conservação da biodiversidade e a garantia de serviços ecossistêmicos para gerações futuras.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo - Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco

Por meio da criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), em 2000, através da Lei n. 9.985/2000, Goiás conseguiu avançar no objetivo de instaurar áreas de proteção da biodiversidade e paisagens cênicas. Também conseguiu promover o desenvolvimento sustentável e utilização responsável de recursos naturais e a conservação de populações e comunidades tradicionais (Batista *et al.*, 2020).

A Unidade de Conservação (UC) de Proteção Integral que hoje corresponde ao Peamp (Figura 1) foi criada através do Decreto estadual n.º 11.878, de 30 de setembro de 1992, entre os municípios de Goiânia, Nerópolis e Goianápolis, na rodovia GO 060/153 (Prado *et al.*, 2006). A UC criada na região metropolitana da capital goiana foi possível através da doação de terras do antigo proprietário da zona, que hoje reside e nomeia o Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco (Peamp) (Batista *et al.*, 2020).

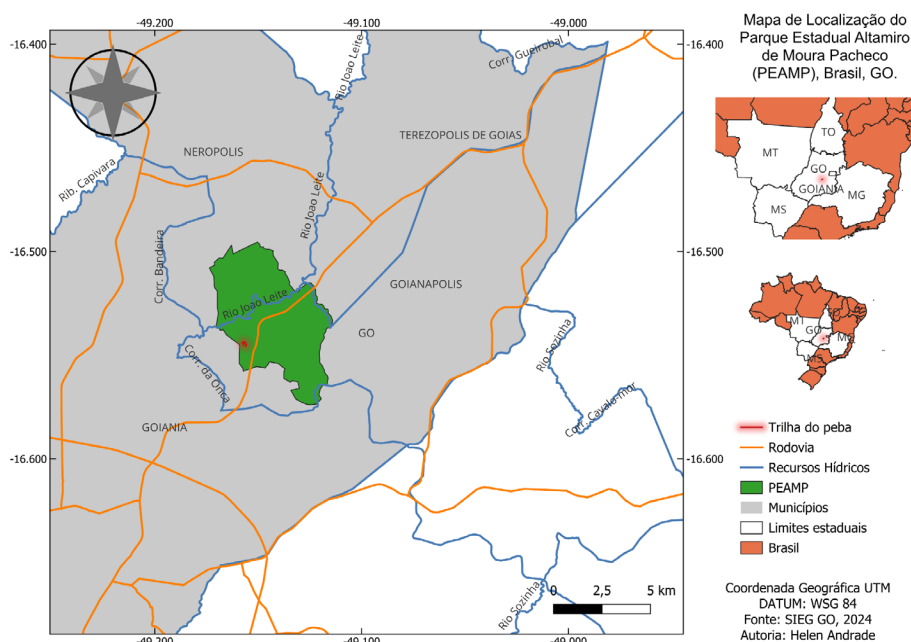


Figura 1 – Mapa de localização do Peamp.

Fonte: elaborado pelas autoras (2024).

A área do Parque passou por algumas modificações ao longo dos anos e por alterações em sua divisão territorial. A instauração do Parque Estadual João Leite provocou uma redução da área

original do Peamp, que passou a contar com 2.132 hectares de zona de proteção integral do Cerrado (Goiás, 2021).

Em relação à classificação da vegetação do parque, houve opiniões controversas, por conta de sua composição. Embora Prado (2006) classifique a região como uma zona remanescente de Mata Atlântica, preservada pela UC, em Goiás, todas as características indicadas pelas fitofisnomias presentes na UC determinam que sua composição consiste no Cerrado, com predominância do Cerradão (Campos; Batista, 2010). Apesar da confusão acerca da classificação da paisagem do Peamp, sua fitofisionomia é caracterizada por uma formação florestal com diferenças entre estratos arbóreos e alta resistência a períodos de seca, denominada Mata Seca (Ramalho *et al.*, 2018).

De acordo com o plano de manejo do parque (Goiás, 2021), na UC há a possibilidade de se contemplar diferentes fitofisnomias do bioma Cerrado, dentre elas as matas estacionais semidecíduais. Também é possível observar o Cerrado Strictu Sensu, que possui uma composição similar às savanas. Apesar da biodiversidade nativa estar presente no Peamp, outro aspecto importante a ser abordado na paisagem do parque é a invasão de espécies exóticas provenientes do processo histórico de ocupação do Parque.

Algumas localidades do Peamp demonstram presença abundante de capim *brachiaria* (Batista, 2020), que correspondem a uma gramínea amplamente utilizada em atividades agropecuárias e que se sobrepõe com facilidade à vegetação, sendo um fator de risco adicional que intensifica os incêndios sofridos pelo parque de forma anual e trazem perdas imensuráveis para a biodiversidade (Oliveira *et al.*, 2018). Os recursos hídricos também se caracterizam como parte da paisagem do parque e um de seus principais atrativos durante a visita e percurso de trilhas no PEAMP (Oliveira, 2018).

O alto potencial de recursos naturais disponíveis no parque é um fator de conflito social e econômico de ocupação da região. O uso das terras em volta do parque tem um interesse predominantemente agropecuário e urbanístico, fatores que podem trazer prejuízos para a conservação e manutenção de serviços ecossistêmicos culturais prestados pela paisagem, biodiversidade e geodiversidade do parque (Batista *et al.*, 2020).

2.2 Procedimentos metodológicos

Na literatura foram buscados parâmetros qualitativos associados aos termos: Serviços ecossistêmicos, trilhas ecológicas e trilhas ecológicas urbanas, para filtrar metodologias que sejam adequadas para avaliar a presença e as categorias de serviços ecossistêmicos que podem ser encontrados em áreas verdes urbanas.

O uso de índices para avaliação de serviços ecossistêmicos deve corresponder às especificidades da área de estudo escolhida de forma a auxiliar na disseminação de dados com maior confiabilidade a fim de servir como referência para futuros estudos e tomadores de decisões (Gaudereto *et al.*, 2018).

Para esta análise foi escolhido um método qualitativo de checklist preliminar, que com base na literatura reunida, demonstrou ser o mais adequado para o método de observação direta na busca de exemplos de serviços ecossistêmicos culturais presentes nas Trilha do Peba (Silva *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2021).

Com base no *Common International Classification of Ecosystemic Services* (CICES, version 5.1), foi possível agrupar um conjunto de indicadores diretos de apoio ao serviço cultural que poderiam ser identificados na Trilha do Peba. A relação entre a escolha de indicadores/indicados foi, também, associada aos benefícios e valores atribuídos à biodiversidade e à geodiversidade dispostas no Peamp.

Serviço	Função Ecológica	Indicador
Cultural	Espaço de interação com a biodiversidade	Trilhas ecológicas ou ambientes de interação com a biodiversidade
	Espaço de aprendizado não formal	Estrutura ou presença de profissionais capacitados para o trabalho de educação ambiental
	Estímulos sensoriais e intelectuais	Presença de estímulos físicos aos sentidos que provoquem conforto ou outros estímulos

Quadro 1 – Checklist de indicadores de avaliação de serviços ecossistêmicos

Fonte: elaborado pelas autoras (2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação da presença de serviços ecossistêmicos no parque foi realizada na Trilha do Peba (Figura 2), que conta com 700 metros de extensão e uma duração de aproximadamente 30 minutos, dispondo de um caminho livre de obstáculos e bem conservado para caminhadas. Durante o percurso, foi possível aplicar o *checklist*, elaborado com indicadores que eram possíveis de serem identificados através da presença ou ausência no trajeto.



Figura 2 – Entrada da Trilha do Peba.

Fonte: Acervo das autoras (2022).

Após visita à Trilha do Peba foi possível verificar a importância do parque para a conservação dos SECs em zonas urbanas, bem como o papel do Peamp como importante refúgio da biodiversidade do Cerrado, que apresenta uma diversidade abrangente (Ferreira, 2004). Durante a visita técnica foi possível avistar exemplares e rastros de mastofauna e mesofauna, caracterizando uma importante atividade de SEC (Figuras 3 e 4) e mostrando que um dos indicadores selecionados estava presente no percurso.



Figura 3 – Veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*).

Fonte: acervo das autoras (2022).



Figura 4 – Aranha lobo (*Lycosa erythrognatha*).

Fonte: acervo das autoras (2022).

Além da diversidade de fauna, a diversidade de flora do Peamp expõe exemplares como ipê roxo, jatobá, aroeira e outras espécies com interesse econômico, medicinal ou paisagístico. Essas espécies de importância cultural, que são protegidas pelo Peamp, são alvo de educação ambiental e também podem ser consideradas como indicadores de elementos prestadores de SEC da paisagem da Trilha do Peba.

Aberta para visitantes, a trilha oferece uma estrutura convidativa e atrativa, possibilitando aos indivíduos se conectar com zonas de preservação em ambientes predominantemente urbanizados ou rurais, através da diminuição dos ruídos sonoros da cidade. O local dispõe de um espaço para criar a reflexão acerca da contribuição de elementos da sociobiodiversidade do Cerrado para a capital goiana e os municípios do entorno (Figura 5).



Figura 5 – Ponto de descanso da Trilha do Peba.

Fonte: acervo das autoras (2022).

O contato do público com a UC é uma excelente oportunidade de demonstrar, através da educação ambiental, a importância dos serviços ecossistêmicos e da manutenção de espaços de conservação em meios urbanos. Conforme Gaudereto *et al.* (2018), estabelecer uma conexão da sociedade com o meio ambiente através do desenvolvimento sustentável é a chave para uma sociedade saudável e equilibrada ambiental e economicamente, e a trilha dá essa oportunidade para os visitantes.

Portanto, as trilhas do Peamp atuam como um mecanismo de educação ambiental e elemento conectivo entre a sociedade goiana e os serviços ecossistêmicos prestados pela natureza, conforme exposto por Gaudereto *et al.* (2018). A trilha do Peba possui em seu espaço ferramentas de manutenção da biodiversidade que são essenciais no funcionamento do ecossistema e no fornecimento de benefícios diretos e indiretos. Além dos serviços avaliados através do checklist, foram identificadas possibilidades que podem preencher outros indicadores presentes na lista do Cices, como inspiração e senso estético.

Em cidades muito urbanizadas, como Goiânia, as trilhas ecológicas se destacam ainda mais por desempenharem o importante papel de espaço de conservação e levantam curiosidades acerca dos benefícios que proporcionam, além da percepção comum dos indivíduos. Esses percursos são caracterizados como um serviço ecossistêmico em si, uma vez que se encaixam na categoria de serviço cultural. Eles atuam como um espaço holístico, de conexão individual e social com a natureza e que podem ser propício para manifestações culturais e educativas.

A presença e o desempenho dos serviços ecossistêmicos presentes na Trilha do Peba variam de acordo com as condições nas quais esses percursos são constituídos, conforme apontado por Nascimento *et al.* (2020). Para entender o que pode ser avaliado ao longo do trajeto, é necessário entender o quão preservado é o percurso, sua localidade, sua composição em termos de diversidade biológica e geofísica, além da questão do envolvimento da sociedade na ocupação da região do entorno da área preservada que contém a trilha.

Esses percursos atuam como caminhos que interligam a biodiversidade entre fragmentos e seu papel na conservação ainda é pouco explorado. A magnitude desses trajetos revela uma série de possibilidades a serem exploradas pela sociedade. Eles agregam potencial de exploração do turismo local, de forma que a comunidade local passa a se beneficiar financeiramente com a interação do meio natural com o meio antrópico (Kaneshiro *et al.*, 2013).

Entretanto, indicadores como “Estrutura ou presença de profissionais capacitados para o trabalho de educação ambiental” e “Presença de estímulos físicos aos sentidos que provoquem conforto ou outros estímulos”, que apontaram as funções ecossistêmicas de espaço de aprendizado não formal e estímulos sensoriais e intelectuais, não são encontrados na área.

A criação de espaços de trilhas ecológicas em zonas urbanas é uma necessidade da vida urbana. A fuga do ritmo caótico das cidades para um espaço de conexão com a natureza e o lado espiritual é uma das vantagens atribuídas aos espaços como o Peamp. Ao mesmo tempo, esses espaços surgem como uma nova oportunidade de geração de renda, uma vez que a infraestrutura ainda precisa ter elementos e profissionais de apoio agregados ao parque para melhoria da estrutura oferecida.

Para os municípios que abrangem o Peamp, a oferta de serviços ecossistêmicos, ainda pouco explorada, pode ser valorada e revertida aos municípios de forma que a economia local seja diretamente atrelada à sustentabilidade e pautada na conexão dos indivíduos com o meio ambiente e não na prática de atividades exploratórias que degradam o Cerrado. A proteção efetiva dos serviços ecossistêmicos é de interesse social e econômico e propostas para garantir sua manutenção devem ser criadas com base em análises complementares.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida neste artigo demonstrou que há uma necessidade de se atrelar o desenvolvimento econômico e social de zonas urbanas ao desenvolvimento sustentável, através dos serviços ecossistêmicos. A relação das trilhas ecológicas urbanas com os serviços ecossistêmicos prestados pelo Peamp demonstra que a população goiana carece do conhecimento acerca da importância de se compreender a necessidade da manutenção dos SE, devendo ser um objetivo que atinge os diferentes estratos sociais, uma vez que a conexão do indivíduo com o meio ambiente é resultante do bem-estar proporcionado pela natureza.

Criar espaços de conservação da biodiversidade é, portanto, um mecanismo eficiente e essencial na garantia das funções ecossistêmicas e na persistência da biodiversidade frente aos processos intensos de urbanização que acompanham o processo de crescimento ecologicamente pouco planejado frente à conservação das grandes cidades. Através dessa análise, espera-se que o Peamp tenha os seus serviços ecossistêmicos valorados de forma quantitativa, para compreender financeiramente a escala de benefícios oferecidos pela biodiversidade e geodiversidade, bem como para incentivar que novos espaços conectivos, como trilhas ecológicas urbanas, sejam criados para a população goiana.

5 REFERÊNCIAS

BATISTA, J. G.; DE FARIA, K. M. S.; TIBIRIÇÁ, L. G. Conflitos de uso da terra na zona de amortecimento do Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco – Goiás. *Geografia em questão*, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 3, 2020. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/23983>. Acesso em: 15 nov. 2025.

CAMPOS, A. C.; BATISTA, V. M. Sistema biogeográfico do cerrado goiano: o Parque Ecológico Altamiro de Moura Pacheco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1., 2010, Bauru. *Anais [...]*. Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2010. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/trabalhos2010/xi-019.pdf>.

CARRILHO, C. D. *Identificação e valoração econômica e sociocultural dos serviços ecossistêmicos da Baía do Aracá*, São Sebastião, SP, Brasil. 2016. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

COSTANZA, R. *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, [s. l.], v. 26, p. 152-158, 2014. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>. Acesso em: 15 nov. 2025.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, London, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/387253a0>. Acesso em: 15 nov. 2025.

CZÚCZ, B. *et al.* Where concepts meet the real world: A systematic review of ecosystem service indicators and their classification using CICES. *Ecosystem Services*, [s. l.], v. 29, p. 145-157, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.018>. Acesso em: 15 nov. 2025.

FAÇANHA, C. L.; VIANA, I. G.; SILVA, C. J. Avaliação ecossistêmica do milênio aplicada a uma comunidade tradicional do Pantanal, Mato Grosso, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, Belém, v. 12, n. 2, p. 265-276, 2017. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/article/view/364>. Acesso em: 15 nov. 2025.

FERREIRA, P. H. *Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco e Área de Proteção Ambiental João Leite: uma proposta para medidas compensatórias*. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

GAUDERETO, G. L. *et al.* Avaliação de serviços ecossistêmicos na gestão de áreas verdes urbanas: promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 21, 2019. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0087vu18l4td>. Acesso em: 15 nov. 2025.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Plano de uso público: Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco e Parque Estadual João Leite. *Governo do Estado de Goiás*, Goiás, v. 3, n. 2, p. 10-97, 2022.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Unidade de conservação em Goiás. Goiânia: Semad, 2022. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/aceso-a-informacao/118-meio-ambiente/unidades-de-conservacao/1082-unidade-de-conservacao-em-goias.html>. Acesso em: 20 jul. 2022.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, N. Common international classification of ecosystem services (CICES, version 4.1). *European Environment Agency*, 2012, 33: 107.

KANESHIRO, E. B.; ZANCHETTA, D.; SANTOS, J. E. Roteiros de visitação e manejo de trilhas. In: SANTOS, J. E.; ZANIN, E. M. (orgs.). *Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e gestão*. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2013. p. 257-278.

LA ROSA, D.; SPYRA, M.; INOSTROZA, L. Indicators of Cultural Ecosystem Services for urban planning: A review. *Ecological Indicators*, [s. l.], v. 61, p. 74-89, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.04.028>. Acesso em: 15 nov. 2025.

LISBOA, F. S.; MANGUEIRA, M. C.; PAIVA, R. F. P. S. Percepção de serviços ecossistêmicos em áreas verdes urbanas: o caso do Parque Ecológico do Córrego Grande, Florianópolis, SC. *Revista Eletrônica de Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET)*, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 524-539, 2016.

LUISETTI, T.; JACKSON, E. L.; TURNER, R. K. Valuing the European 'coastal blue carbon' storage benefit. *Marine Pollution Bulletin*, [s. l.], v. 71, n. 1-2, p. 101-106, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.03.029>. Acesso em: 15 nov. 2025.

MARTINS, M. A. N.; SILVA, M. M. A construção da barragem João Leite e os reflexos nas áreas de abrangência do reservatório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. *Anais [...]*. Salvador: CONGEA, 2013.

MEIRA, S. A. *et al.* Serviços ecossistêmicos da geodiversidade: avaliação e propostas de valoração em locais de interesse geológico do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. *Caderno de Geografia*, Belo Horizonte, v. 30, n. 62, p. 788-816, 2020. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/21575>. Acesso em: 15 nov. 2025.

MILCU, A. I. *et al.* Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research. *Ecology and Society*, [s. l.], v. 18, n. 3, 2013. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss3/art44/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

MUÑOZ, A. M. M.; DE FREITAS, S. R. Importância dos serviços ecossistêmicos nas cidades: revisão das publicações de 2003 a 2015. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 89-104, 2017. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.5585/geas.v6i2.505>. Acesso em: 15 nov. 2025.

NASCIMENTO, M. A. L.; SILVA, M. L. N.; MOURA-FÉ, M. M. Os serviços ecossistêmicos em geossítios do Geopark Araripe (CE), nordeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 4, p. 119-132, 2020. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/34685>. Acesso em: 15 nov. 2025.

NIEMEIJER, D.; DE GROOT, R. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators*, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 14-25, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.012>. Acesso em: 15 nov. 2025.

OLIVEIRA, T. B. *Aplicação da dendrocronologia na identificação de processos erosivos e incêndios florestais nos Parques Estaduais Altamiro de Moura Pacheco e João Leite*. Goiânia, Goiás, Brasil. 2018.

PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A.; GUIMARÃES, Z. F. S. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 237-241, 2006. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/237>. Acesso em: 15 nov. 2025.

REID, R. S.; NKEDIANYE, D.; SAID, M. Y.; KAELO, D.; NESELLE, M.; MAKUI, O.; ONETU, L.; KIRUSWA, S.; KAMUARO, N. O.; KRISTJANSON, P.; OGUTU, J.; BURNSILVER, S. B.; GOLDMAN, M. J.; BOONE, R. B.; GALVIN, K. A.; DICKSON, N. M.; CLARK, W. C. Evolution of models to support community-based conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, [s. l.], v. 113, n. 17, p. 4579-4589, 2016.

REID, W. V. *et al.* Relatório-síntese da avaliação ecossistêmica do milênio. Organização das Nações Unidas. *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente*, Washington, DC: v. 30, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SANTOS, N. M.; SILVA COSTA, D. F.; CESTARO, L. A. Identificação e mapeamento dos serviços ecossistêmicos de provisão no manguezal do rio Tijupá, Ilha do Maranhão (região nordeste do Brasil). *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 22, n. 79, p. 276-294, 2021. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.14393/CGv22n7953930>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SILVA, C. *et al.* Como interpretar os serviços ecossistêmicos por meio de uma trilha numa unidade de conservação. In: RAMOS, F. B.; SILVA, C. P.; LUZ, A. A. (org.). *Ambientes, sociedades e interdisciplinaridade*. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 2019. p. 207-227. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340058988_Ambientes_sociedades_e_interdisciplinaridade. Acesso em: 15 nov. 2025.

SILVA, D. C. D.; SALES, J. C. A.; SIMONETTI, V. C.; LOURENÇO, R. W. Serviços ecossistêmicos culturais como estratégia para o planejamento urbano: uma revisão. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica (REVIBEC)*, v. 35, n. 1, p. 19-35, 2022.

SILVA, M. L. N.; NASCIMENTO, M. A. L. Os valores da geodiversidade de acordo com os serviços ecossistêmicos sensu Murray Gray aplicados a estudos in situ na cidade do Natal (RN). *Caderno de Geografia*, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 338-354, 2016. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/P.2318-2962.2016v26n2p338>. Acesso em: 15 nov. 2025.

TORRES, E. C.; BERTOLINO, M. I.; VILLA, N. M. Trilha urbana no córrego da mata em Londrina (PR). *Geografia*, Londrina, v. 20, n. 2, p. 201-214, 2011. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/10049>. Acesso em: 15 nov. 2025.

VAN HARDEVELD, H. A. *et al.* How valuing cultural ecosystem services can advance participatory resource management: The case of the Dutch peatlands. *Ecosystem Services*, [s. l.], v. 34, p. 113-125, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.10.005>. Acesso em: 15 nov. 2025.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Introdução ou Considerações iniciais:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Referencial teórico:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Metodologia:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Análise de dados:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Discussão dos resultados:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Conclusão ou Considerações finais:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Referências:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Revisão do manuscrito:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria; **Aprovação da versão final publicada:** Helen Lima de Andrade, Karla Maria Silva de Faria.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 26 de setembro de 2024.

Aprovado: 27 de outubro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

ANDRADDE, Helen Lima de; FARIA, Karla Maria Silva de. Avaliação do potencial das trilhas ecológicas para a oferta de serviços ecossistêmicos culturais. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG (GO)**, v. 11, n. 1, p. 8-21, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Dr. Adriano de Melo Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Construção e evidências de validade de uma escala de conhecimento em segurança no trabalho

Construction and Validity Evidence of a Work Safety Knowledge Scale

Construcción y Evidencias de Validez de una Escala de Conocimiento en Seguridad en el Trabajo

CARLOS MANOEL LOPES RODRIGUES¹

CRISTIANE FAIAD²

RESUMO

O conhecimento em segurança do trabalho compreende normas e práticas voltadas à prevenção de riscos ocupacionais, sendo essencial para reduzir acidentes, promover saúde e fortalecer a cultura de segurança. Dito isto, este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar evidências iniciais de validade de uma medida de conhecimento em segurança no trabalho no contexto brasileiro. A construção do instrumento baseou-se na definição teórica do construto, em escalas internacionais e nas normas brasileiras de SST. Foram conduzidas análises de validade de conteúdo (juízes) e validade semântica (público-alvo). A escala foi aplicada a trabalhadores do setor de transportes ($n = 174$) e da agroindústria ($n = 347$). Os resultados apoiam uma estrutura unifatorial com 10 itens, índices de ajuste adequados ($\chi^2 [35] = 63,210$; $p = 0,052$; CFI = 0,91; TLI = 0,90; SRMR = 0,04; RMSEA = 0,05 [IC95% = 0,04–0,06]) e consistência interna satisfatória ($\alpha = 0,86$; $\lambda_2 = 0,89$).

Palavras-chave: avaliação de riscos ocupacionais; treinamento em segurança; conformidade regulatória; bem-estar do trabalhador.

ABSTRACT

Knowledge of occupational safety refers to understanding norms, procedures, and practices that minimize workplace risks and promote safe environments. This study aimed to develop and examine initial validity evidence for a measure of occupational safety knowledge in the Brazilian context. Instrument development was grounded in the theoretical definition of the construct, international scales, and national Occupational Health and Safety regulations. Content validity (expert judges) and semantic validity (target audience) analyses were conducted. The scale was administered to workers in the transportation sector ($n = 174$) and agribusiness ($n = 347$). Results supported a unidimensional 10-item structure with adequate fit indices ($\chi^2 [35] = 63.210$; $p = .052$; CFI = .91; TLI = .90; SRMR = .04; RMSEA = .05 [95% CI = .04–.06]) and satisfactory internal consistency ($\alpha = .86$; $\lambda_2 = .89$).

Keywords: occupational risk assessment; safety training; regulatory compliance; employee well-being.

RESUMEN

El conocimiento sobre seguridad en el trabajo comprende normas y prácticas orientadas a la prevención de riesgos laborales, y es esencial para reducir accidentes, promover la salud y fortalecer la cultura de seguridad. Esto dicho, el objetivo de este estudio fue desarrollar y evaluar las primeras pruebas de validez de una medida de conocimientos sobre seguridad en el trabajo en el contexto brasileño. La elaboración del instrumento se basó en la definición teórica del constructo,

1 Centro Universitário de Brasília (Ceub). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5188-7110>. E-mail: prof.carlos.manoel@gmail.com.

2 Universidade de Brasília (UnB). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8012-8893>. E-mail: crisfaid@gmail.com.

en escalas internacionales y en las normas brasileñas de SST. Se realizaron análisis de validez de contenido (jueces) y validez semántica (público objetivo). La escala se aplicó a trabajadores del sector del transporte ($n = 174$) y de la agroindustria ($n = 347$). Los resultados respaldan una estructura unifactorial con 10 ítems, índices de ajuste adecuados ($\chi^2 [35] = 63,210$; $p = 0,052$; CFI = 0,91; TLI = 0,90; SRMR = 0,04; RMSEA = 0,05 [IC95% = 0,04–0,06]) y una consistencia interna satisfactoria ($\alpha = 0,86$; $\lambda_2 = 0,89$).

Palabras clave: evaluación de riesgos ocupacionales; formación en seguridad; cumplimiento normativo; bienestar del trabajador.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre segurança no trabalho refere-se ao nível de compreensão teórica e prática que um indivíduo possui a respeito das normas, procedimentos e estratégias voltadas à prevenção de acidentes e à promoção de um ambiente laboral seguro. Esse conhecimento contempla informações que permitem aos indivíduos reconhecerem a existência de diversos riscos no ambiente ocupacional, que podem variar de leves a graves, bem como a possibilidade de acidentes ocupacionais e doenças relacionadas ao trabalho (Agusdin; Suryatni; Nurmayanti, 2022). São abordados tanto aspectos normativos, como regulamentos e protocolos formais, quanto componentes práticos e a aplicação de medidas preventivas no cotidiano organizacional (Alves *et al.*, 2013; Beus; Mccord; Zohar, 2016; Chan; Li, 2023) an ever-expanding research base is providing a greater understanding of the factors that affect workplace safety across organizational levels. However, despite scientific advances, the workplace safety literature suffers from a lack of theoretical and empirical integration that makes it difficult for organizational scientists to gain a comprehensive sense of (a.

O conhecimento de segurança impacta diretamente a adoção de comportamentos seguros nos mais diversos contextos organizacionais, sendo um fator essencial para a mitigação de riscos ocupacionais (Derdowski; Mathisen, 2023; Elkind, 1993; Sidiq; Rohman, 2023). Pesquisas em diferentes setores reforçam esse efeito positivo, como no setor aeronáutico (Chittaro *et al.*, 2018; Maneechaeye, 2024), na construção civil (Ishdorj; Ahn; Park, 2024; Sidiq; Rohman, 2023), na agricultura (Bagheri *et al.*, 2019; Beseler; Stallones, 2010; Elkind, 1993) e no setor petroquímico.

O déficit de conhecimento de segurança, por sua vez, pode ter consequências como aumento das taxas de acidentes e lesões no trabalho (Ghani; Ridho, 2024; Scheepers, 2024; Sidiq; Rohman, 2023). Ilustram essa situação Alves *et al.* (2013), ao identificarem em seu estudo lacunas significativas no conhecimento de segurança entre trabalhadores de tubulões pressurizados, mostrando que a falta de treinamento formal contribuiu para a alta incidência de doenças descompressivas. Esse caso reforça a necessidade de programas estruturados de capacitação para garantir que o conhecimento adquirido seja efetivamente traduzido em comportamentos seguros.

Além de influenciar a adesão às normas, o conhecimento de segurança pode atuar como mediador em relações mais complexas, como entre a intensificação do trabalho e a conformidade com normas (Bunner; Prem; Korunka, 2018). Ao mesmo tempo, o conhecimento de segurança pode ser moderado por fatores organizacionais, como o clima e a cultura de segurança (Ayouz; Alzubi; Iyiola, 2024; Hejduk *et al.*, 2020; Smith-Crowe; Burke; Landis, 2003).

A promoção do conhecimento de segurança está relacionada tanto às ações formais de treinamento e formação (Ayouz; Alzubi; Iyiola, 2024; Burke; Sockbeson, 2015) quanto a ações de compartilhamento das informações sobre segurança entre pares (Hejduk *et al.*, 2020; Ishdorj; Ahn; Park, 2024). Fatores relacionados à comunicação eficiente no ambiente de trabalho e ao estilo da liderança fortalecem a aquisição, compartilhamento e transferência desse conhecimento (Ayouz; Alzubi; Iyiola, 2024; Ishdorj; Ahn; Park, 2024).

Segundo Dragano *et al.* (2015), fatores externos, como carga de trabalho elevada, insegurança no emprego e falta de estrutura organizacional, podem reduzir a aplicabilidade do conhecimento de segurança na prática. Os autores identificaram que trabalhadores em situação de maior vulnerabilidade social e com vínculos precários relataram menor conhecimento sobre segurança, refletindo desigualdades na disseminação dessas informações.

A mensuração do conhecimento de segurança permite identificar lacunas que comprometem a adesão a práticas seguras, mesmo entre trabalhadores formalmente treinados (Ayouz; Alzubi; Iyiola, 2024; Burke; Sockbeson, 2015). Medir o conhecimento em segurança possibilita avaliar o quanto os trabalhadores compreendem e internalizam as práticas seguras além da simples memorização de normas. Essa prática, portanto, é essencial para compreender e aprimorar a influência desses conhecimentos nos comportamentos ocupacionais, prevenindo acidentes e promovendo ambientes de trabalho mais seguros (Barros-Delben; Cruz, 2023; Burke; Sockbeson, 2015). No entanto, tal avaliação não deve ser confundida com uma mera aferição educacional sobre normas e regulamentos, e sim do conhecimento adquirido sobre a segurança no campo laboral.

Em termos de instrumentos, o conhecimento em segurança tem sido frequentemente avaliado por meio de subescalas de instrumentos mais amplos, como medidas de clima de segurança ou de comportamento seguro no trabalho (Beseler; Stallones, 2010; Fruhen *et al.*, 2015; Neal; Griffin; Hart, 2000; Vinodkumar; Bhasi, 2010). Embora essas subescalas possam fornecer informações úteis, seu uso pode ser limitado em contextos que exigem uma avaliação direta e específica do conhecimento em segurança. Um instrumento independente traria maior flexibilidade e praticidade, podendo ser utilizado isoladamente em diferentes setores e adaptado a variados objetivos. Além disso, um instrumento específico permitiria uma avaliação mais precisa das lacunas de conhecimento, facilitando intervenções direcionadas e políticas de capacitação mais eficazes.

Atualmente, não há uma medida psicométrica de uso no Brasil para avaliar especificamente o conhecimento em segurança no trabalho, o que limita a realização de diagnósticos precisos e o desenvolvimento de intervenções baseadas em evidências. Diante dessa lacuna, o presente estudo teve como objetivo a construção e a obtenção de evidências de validade de uma Escala de Conhecimento em Segurança no Trabalho (ECST), com intuito de fornecer uma ferramenta para avaliar de forma sistemática e padronizada o nível de conhecimento dos trabalhadores sobre normas, procedimentos e práticas seguras. Quanto aos objetivos específicos foram: a) obter evidências de validade de conteúdo; b) avaliar a validade semântica da escala junto ao público-alvo; c) Investigar as propriedades psicométricas da escala por meio da análise da validade baseada na estrutura interna e na consistência interna.

A criação desse instrumento busca oferecer uma ferramenta confiável e aplicável a diferentes setores, contribuindo para pesquisas na área de segurança ocupacional, além de subsidiar a formulação de políticas organizacionais voltadas à prevenção de acidentes e à promoção de um ambiente de trabalho mais seguro.

2 MÉTODO

O presente estudo caracteriza-se como transversal e metodológico, voltado para a construção e validação da ECST. A construção do instrumento baseou-se nas etapas definidas por Pasquali (2010), que incluem procedimentos teóricos, procedimentos empíricos/experimentais e procedimentos analíticos/estatísticos.

A pesquisa envolveu a elaboração teórica dos itens, análise de validade de conteúdo por especialistas (procedimentos teóricos) e aplicação da escala em uma amostra-alvo (procedimentos empíricos/experimentais). Para verificar as propriedades psicométricas do instrumento foram conduzidas análises psicométricas e de confiabilidade, incluindo Análise Fatorial Exploratória (AFE), Análise Fatorial Confirmatória (AFC) e estimativas de consistência interna (procedimentos analíticos/estatísticos). Cada etapa é descrita detalhadamente a seguir.

2.1 Construção de itens da ECST

Inicialmente, foram analisados os itens das escalas ou subescalas de conhecimento sobre segurança encontradas na literatura (Beseler; Stallones, 2010; Neal; Griffin; Hart, 2000; Vinodkumar; Bhasi, 2010; Westaby; Lee, 2003). Além disso, foram examinadas normas brasileiras de Saúde e Segurança no Trabalho (SST), para garantir que os itens contemplassem o contexto normativo nacional. Com base nessa análise, os itens foram organizados por temática e verificadas possíveis

redundâncias. Em seguida, a equipe elaborou itens adicionais para abranger aspectos não contemplados nos instrumentos analisados, fundamentando-se na literatura sobre segurança no trabalho e nas regulamentações nacionais.

Nessa etapa, foram produzidos 25 itens, divididos em cinco dimensões: Conhecimento de Procedimentos de Segurança, que avalia a familiaridade com normas e protocolos; Conhecimento de Riscos e Perigos, que mede a capacidade de identificar e avaliar ameaças no ambiente de trabalho; Conhecimento sobre Prevenção de Acidentes, que verifica a compreensão de estratégias para minimizar riscos e promover comportamentos seguros; Conhecimento sobre Resposta a Emergências, que analisa o preparo do trabalhador para agir em situações críticas, como incêndios ou vazamentos; Conhecimento Normativo e Legal, que avalia a compreensão das legislações e regulamentações sobre segurança ocupacional.

2.2 Avaliação da validade de conteúdo da ECST

Na etapa de avaliação de validade de conteúdo, a escala foi apresentada a três juízes com expertise em segurança no trabalho e construção de escalas psicométricas. Esses especialistas analisaram a adequação teórica dos itens ao construto de conhecimento em segurança no trabalho, permitindo a verificação da validade de conteúdo, ou seja, a capacidade do instrumento de representar fielmente o conceito que pretende mensurar (Cassepp-Borges; Balbinotti; Teodoro, 2010; Pasquali, 2010).

Cada item da ECST foi avaliado quanto à clareza, relevância e pertinência teórica em um protocolo específico para análise de juízes. Com base nessas avaliações, foi calculado o Coeficiente de Validade de Conteúdo (CVC), considerando valores superiores a 0,80 como adequados (Hernandez-Nieto, 2001). Esse coeficiente permite avaliar a validade de conteúdo da escala como um todo e de cada item individualmente, descontando a probabilidade de erro devido a vieses dos avaliadores.

2.3 Avaliação da validade semântica da ECST

Após a validação de conteúdo, a ECST passou pela avaliação de validade semântica, definida como o grau de acessibilidade linguística do instrumento (Pasquali, 1999, 2010). A versão revisada foi aplicada a uma amostra de 10 trabalhadores que desempenham atividades classificadas como de risco médio ou alto. A classificação seguiu o Grau de Risco (GR) estabelecido pelo Ministério do Trabalho (2022), que varia de 1 (baixo risco) a 4 (alto risco), conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Participaram da análise trabalhadores de organizações classificadas nos níveis GR 3 ou GR 4.

Os trabalhadores avaliaram cada item da ECST por meio de um formulário específico, no qual indicaram, em uma escala dicotômica, se o item era “compreensível” ou “incompreensível”. Além disso, puderam sugerir reformulações para os itens considerados de difícil entendimento.

2.4 Avaliação das propriedades psicométricas da ECST

Essa etapa do estudo foi realizada em duas fases independentes, com amostras distintas, visando à avaliação da estrutura fatorial de um instrumento. A primeira etapa consistiu na realização de uma AFE, enquanto a segunda etapa envolveu a AFC para testar a estrutura previamente identificada.

2.4.1 Análise Fatorial Exploratória

Na AFE, foi aplicada a versão inicial do instrumento, contendo 14 itens. O objetivo dessa fase foi identificar a estrutura subjacente do construto avaliado e o desempenho dos itens. A amostra para a AFE foi composta por 174 funcionários de uma empresa do ramo de transportes da região Centro-Oeste do Brasil. No que se refere ao estado civil, a maioria dos participantes eram casados ou viviam em união estável (147), enquanto 24 eram solteiros e 3 estavam separados ou divorciados. Em relação ao gênero, 102 participantes eram homens, 72 eram mulheres e 2 não informaram essa informação. A idade dos participantes variou entre 19 e 45 anos, com uma média de 29,05 anos ($DP = 5,01$), indicando um grupo relativamente jovem. O tempo de serviço na empresa variou entre 1 e 15 anos, com uma média de 7,93 anos ($DP = 2,47$), sugerindo um nível intermediário de experiência no setor de transportes.

A análise dos dados foi realizada com auxílio do *software* Factor Versão 12.04.05 (Ferrando; Lorenzo-Seva, 2017), com emprego da Análise Paralela para determinar o número ideal de fatores a serem extraídos, garantindo maior precisão na definição da estrutura fatorial (Timmerman; Lorenzo-Seva, 2011). A solução fatorial foi analisada considerando cargas fatoriais acima de 0,30, garantindo que os itens apresentassem uma associação significativa com o fator latente.

A adequação da matriz de correlações foi verificada utilizando a Medida de Adequação da Amostragem de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o Teste de Esfericidade de Bartlett. O KMO foi utilizado para avaliar a adequação da amostra à análise fatorial, enquanto o teste de esfericidade de Bartlett testou se as correlações entre os itens eram suficientemente altas para justificar a extração de fatores. A retenção dos fatores foi baseada em múltiplos critérios, incluindo a Análise Paralela, o critério de Kaiser (*eigenvalues* superiores a 1) e a interpretação teórica das cargas fatoriais.

O ajuste do modelo fatorial foi avaliado a partir dos índices de ajuste qui-quadrado (χ^2), *Comparative Fit Index* (CFI), *Tucker-Lewis Index* (TLI), *Root Mean Square Error of Approximation*

(RMSEA) e *Standardized Root Mean Square Residual* (SRMR). A interpretação dos índices de ajuste com adequados adotou como critérios valores acima de 0,90 para o CFI e TLI (Bentler, 1990; Kline, 2016; Tucker; Lewis, 1973), abaixo de 0,05 para o RMSEA e SRMR (Brown, 2015; Jöreskog; Sörbom, 1986) e não significativos para o qui-quadrado (Tanaka, 1987; West; Taylor; WU, 2012).

2.4.2 Análise Fatorial Confirmatória

Na AFC, foi utilizada a versão do instrumento já refinada, contendo 10 itens, após a exclusão dos itens com cargas fatoriais abaixo de 0,30 identificados na AFE. O objetivo dessa etapa foi testar a adequação do modelo fatorial previamente explorado, avaliando a estrutura do construto por meio de índices de ajuste.

A amostra utilizada para a AFC foi composta por 347 funcionários de uma empresa do setor agroindustrial da região Sudeste do Brasil. A maioria dos participantes era do sexo masculino (248), enquanto 99 eram do sexo feminino. Em relação ao estado civil, 272 funcionários eram casados ou viviam em união estável, 56 eram solteiros, 16 estavam separados ou divorciados, e 2 eram viúvos. A idade dos participantes variou entre 18 e 65 anos, com uma média de 41,17 anos (DP = 12,79), e o tempo de serviço na empresa oscilou entre 1 e 40 anos, com uma média de 9,97 anos (DP = 5,23).

Os dados foram analisados a partir do *software* estatístico R, especificamente com o pacote lavaan (Rosseel, 2012), empregando um estimador robusto para lidar com possíveis violações de normalidade multivariada – *Weighted Least Squares Mean and Variance Adjusted* (WLSMV). O modelo testado na AFC foi baseado na estrutura identificada na AFE e avaliado a partir dos índices de ajuste nela utilizados.

A consistência interna do instrumento foi verificada por meio do Alfa de Cronbach e do Lambda-2 de Guttman, garantindo que os itens apresentassem coerência na mensuração do construto latente. Esses coeficientes foram analisados para cada fator identificado, considerando valores acima de 0,70 como indicativos de boa confiabilidade.

3 RESULTADOS

A avaliação de conteúdo da primeira versão da ECST, com 25 itens, resultou na indicação de reformulação de 7 itens em função da redação destes. Outros 5 itens foram excluídos, porque, na avaliação dos juízes, mostraram-se redundantes. Outros 2 itens apresentaram pouca aderência ao modelo teórico do instrumento ($CVC < 0,80$). Os 20 itens restantes apresentaram CVC entre 0,81 e 0,98, o que indica bom alinhamento teórico.

A versão de 20 itens submetida à avaliação semântica teve 6 itens excluídos devido à baixa em função da baixa concordância entre os participantes sobre a inteligibilidade desses itens ($Kappa < 0,50$). Os demais 14 itens foram julgados como compreensíveis pelos participantes e seguiram para aplicação da versão piloto.

As análises iniciais da aplicação da versão piloto da ECST (14 itens) com a primeira amostra de trabalhadores do setor de transportes indicaram a fatorabilidade de escala. A medida KMO apresentou um valor de 0,944, sugerindo a adequação da amostra para a análise fatorial. Já o teste de esfericidade de Bartlett foi significativo ($\chi^2 (45) = 1093,770$; $p < 0,001$), apontando que a matriz de correlações não é uma matriz identidade. Isso confirma que há intercorrelações significativas entre as variáveis, reforçando a viabilidade da análise fatorial.

A AFE foi realizada a partir do método de Fatoração de Eixo Principal, com o objetivo de identificar a estrutura latente dos dados. Os critérios adotados para retenção dos fatores foram o critério de Kaiser (*eigenvalues* superiores a 1) e a análise da variância explicada. Os resultados indicaram uma solução unifatorial, ou seja, apenas um fator relevante foi identificado, com um valor próprio inicial de 5,99, explicando 59,94% da variância total dos dados. O modelo unifatorial apresentou bons índices de ajuste ($\chi^2 [35] = 59,4658$; $p < 0,07$; CFI = 0,87; TLI = 0,86; SRMR = 0,03; RMSEA = 0,04 [IC95% = 0,02 – 0,06]).

Após a extração, esse fator manteve uma contribuição significativa, explicando 56,196% da variância total. Os demais fatores apresentaram valores próprios inferiores a 1, indicando que sua retenção não acrescentaria informações relevantes à estrutura dos dados. Considerando apenas as cargas fatoriais acima de 0,30 foram excluídos 4 itens, perfazendo 10 itens finais da ECST (Tabela 1). Em termos de consistência interna o modelo unifatorial apresentou índices adequados ($\alpha = 0,92$; $\lambda_2 = 0,92$).

Item	Carga Fatorial
2. Em meu trabalho tenho conhecimento dos locais perigosos	0,81
3. Em meu trabalho tenho conhecimento das máquinas e equipamentos que são perigosos	0,77
4. Conheço os riscos do meu trabalho que estão no Programa de Gestão de Riscos	0,15
5. Conheço o mapa de riscos do meu setor	0,25
6. Conheço a CIPA do meu trabalho	0,80
7. Conheço os procedimentos em caso de acidente de trabalho	0,80
8. Sei como devo agir em casos de emergência.	0,81
9. Sei quem são os responsáveis pela área de Saúde e Segurança no Trabalho em minha empresa.	0,78
10. Conheço as normas de segurança que falam do meu trabalho.	0,80
11. Em caso de acidentes sei como agir para que os danos sejam menores.	0,66
12. Sei como reportar um incidente ou condição insegura no eu trabalho.	0,66
13. Sei utilizar os equipamentos de proteção individual (EPIs) necessários para o meu trabalho.	0,85
14. Conheço a sinalização de segurança e suas indicações dentro do meu ambiente de trabalho.	0,10
15. Conheço os procedimentos em caso de evacuação do local de trabalho.	0,28

Tabela 1 – Cargas fatoriais para estrutura unifatorial pela AFE

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as) (2024).

A AFC foi conduzida para avaliar a adequação do modelo unifatorial proposto, a partir da aplicação da versão final da ECST (10 itens) com trabalhadores da agroindústria. Inicialmente, a adequação dos dados foi verificada por meio da medida de KMO e do teste de esfericidade de Bartlett. O valor de KMO foi 0,913, indicando adequação da amostragem para a análise fatorial. O teste de esfericidade de Bartlett foi significativo ($\chi^2(45) = 1754,000$; $p < 0,001$), demonstrando que as correlações entre os itens são suficientemente elevadas para justificar a análise fatorial.

A AFC confirmou a estrutura unifatorial do instrumento, com um único fator explicando 60,94% da variância total dos dados. As cargas fatoriais dos itens variaram entre 0,66 e 0,85, indicando associação entre os itens e o fator latente (Tabela 2). Os itens que apresentaram as maiores cargas fatoriais foram “Sei utilizar os equipamentos de proteção individual (EPIs) necessários para o meu trabalho” (0,85) e “Em meu trabalho tenho conhecimento dos locais perigosos” (0,81), sugerindo que

esses aspectos são centrais na percepção dos participantes sobre o construto avaliado. Quanto à consistência interna, os índices identificados se mostraram adequados ($\alpha = 0,86$ $\lambda_2 = 0,89$).

Item	Carga Fatorial
1. Em meu trabalho tenho conhecimento dos locais perigosos	0,81
2. Em meu trabalho tenho conhecimento das máquinas e equipamentos que são perigosos	0,77
3. Conheço a CIPA do meu trabalho	0,80
4. Conheço os procedimentos em caso de acidente de trabalho	0,80
5. Sei como devo agir em casos de emergência.	0,81
6. Sei quem são os responsáveis pela área de Saúde e Segurança no Trabalho em minha empresa.	0,78
7. Conheço as normas de segurança que falam do meu trabalho.	0,80
8. Em caso de acidentes sei como agir para que os danos sejam menores.	0,66
9. Sei como reportar um incidente ou condição insegura no meu trabalho.	0,66
10. Sei utilizar os equipamentos de proteção individual (EPIs) necessários para o meu trabalho.	0,85

Tabela 2 – Cargas fatoriais para estrutura unifatorial pela AFC

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as) (2024).

Em termos de índices de ajuste, a estrutura unifatorial com 10 itens mostrou-se adequada ($\chi^2 [35] = 63,210$; $p = 0,052$; CFI = 0,91; TLI = 0,90; SRMR = 0,04; RMSEA = 0,05 [IC95% = 0,04 – 0,06]), indicando um ajuste satisfatório do modelo aos dados. O valor do quiquadrado não foi excessivamente elevado em relação aos graus de liberdade, e a razão $\chi^2/df = 1,81$ sugere um ajuste adequado. Além disso, os valores de SRMR e RMSEA dentro dos limites recomendados reforçam a adequação da solução fatorial, demonstrando que a variância e covariância observadas são bem representadas pelo modelo. Os valores de CFI e TLI se encontram dentro de uma faixa aceitável, sugerindo que o modelo é parcimonioso e teoricamente coerente. Dessa forma, os resultados confirmam a unidimensionalidade da medida e sua adequação para avaliar o construto proposto. A figura 1 sintetiza o processo de criação e refinamento da ECST até sua versão final de 10 itens.

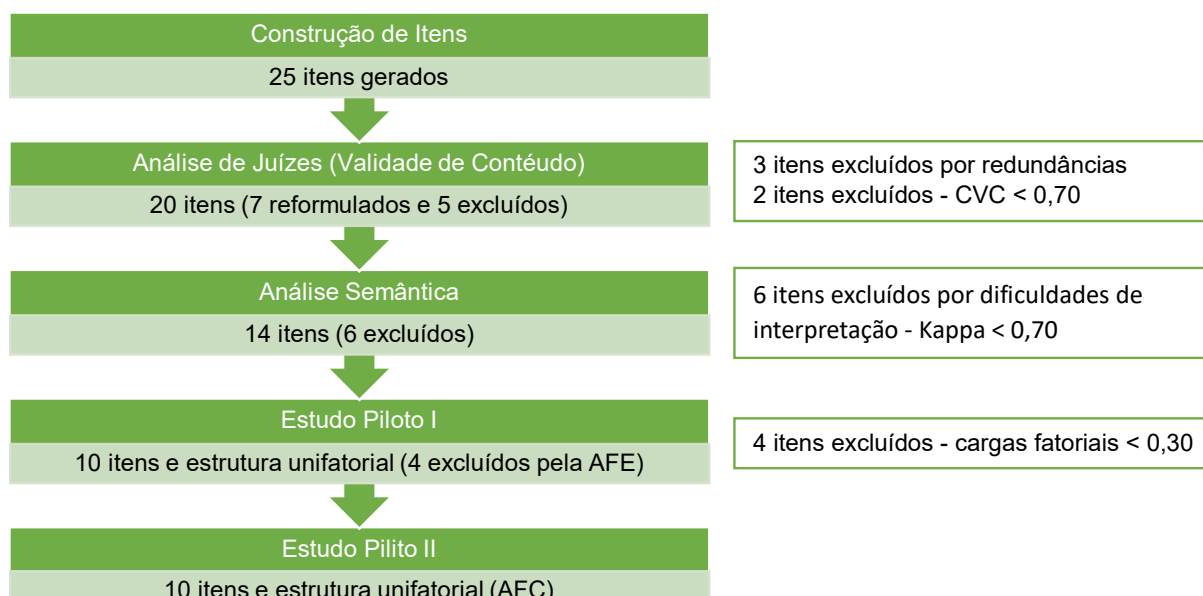


Figura 1 – Etapas de desenvolvimento da Escala de Conhecimento de Segurança no Trabalho - ECST

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as) (2024).

4 DISCUSSÃO

Os procedimentos teóricos de construção da ECST e de obtenção de evidências de validade de conteúdo e semântica foram importantes. Uma vez que a análise de conteúdo permitiu identificar e reformular itens cuja redação não estava clara, eliminar redundâncias e excluir itens com baixa aderência ao modelo teórico garantiu que a escala medisse efetivamente o construto pretendido. Já a avaliação semântica assegurou que os itens fossem compreensíveis para os respondentes, eliminando aqueles que geraram baixa concordância entre os participantes. Essas etapas são fundamentais para a validade de uma medida, pois asseguram que os itens representem adequadamente o construto de interesse e sejam inteligíveis para o público-alvo, contribuindo para a precisão e confiabilidade dos resultados na aplicação da versão piloto (International Test Commission., 2010; Pasquali, 2010).

A ECST foi inicialmente concebida com base em cinco dimensões teóricas que abordavam diferentes aspectos do conhecimento em segurança no trabalho. No entanto, os resultados das análises fatoriais exploratória e confirmatória indicaram que a estrutura mais adequada para o instrumento é unifatorial. A AFE indicou alta intercorrelação entre os itens do instrumento, o que sugere que as cinco dimensões inicialmente propostas estavam fortemente relacionadas e poderiam ser melhor representadas por um único fator. Os critérios de retenção indicaram que apenas um fator deveria ser retido, explicando 59,94% da variância total. Ademais, as cargas fatoriais dos itens foram substancialmente elevadas, confirmando sua pertinência para a mensuração do construto.

Os itens excluídos em função das cargas fatoriais abaixo de 0,30 – “Conheço os riscos do meu trabalho que estão no Programa de Gestão de Riscos”, “Conheço o mapa de riscos do meu setor”, “Conheço a sinalização de segurança e suas indicações dentro do meu ambiente de trabalho” e “Conheço os procedimentos em caso de evacuação do local de trabalho” – referem-se a informações e conhecimentos que não são comuns a todos os trabalhadores e em todos os contextos de trabalho. Em alguma medida essa especificidade pode explicar a baixa representatividade desses itens.

A AFC corroborou os achados da AFE, demonstrando que o modelo unifatorial se ajustava bem aos dados. Os índices de ajuste obtidos estão dentro dos valores recomendados pela literatura (Brown, 2015; Kline, 2016), reforçando a adequação da estrutura fatorial adotada. Adicionalmente, os coeficientes de consistência interna demonstraram que a ECST apresenta boa confiabilidade.

Embora a ECST tenha sido inicialmente projetada para medir cinco dimensões específicas do conhecimento em segurança no trabalho, a emergência de uma estrutura unifatorial sugere que os diferentes aspectos desse conhecimento são altamente interdependentes e podem ser compreendidos como um construto com uma única dimensão (Burke; Sockbeson, 2015). Esses achados são consistentes com estudos anteriores, os quais apontam que, em ambientes organizacionais, o conhecimento sobre segurança tende a ser integrado, refletindo um entendimento holístico sobre riscos, prevenção, normativas e respostas a emergências (Griffin; Neal, 2000; Neal; Griffin; Hart, 2000; Sidiq; Rohman, 2023).

A implicação prática desse resultado é que a ECST pode ser utilizada de maneira simplificada para avaliar o conhecimento em segurança no trabalho sem a necessidade de subdivisão em múltiplas dimensões, facilitando sua aplicação em contextos organizacionais e acadêmicos. A confirmação da estrutura unifatorial também permite uma interpretação mais direta dos escores obtidos, sendo possível comparar trabalhadores de diferentes setores sem necessidade de ajustes em função de fatores latentes adicionais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e obter evidências de validade de conteúdo e semântica, com base na estrutura interna da ECST, garantindo a adequação teórica e psicométrica do instrumento. Os resultados indicaram que a ECST possui uma estrutura unifatorial, com bons índices de ajuste e consistência interna, confirmando sua adequação para avaliar o conhecimento sobre segurança no trabalho.

A ECST apresenta importantes implicações práticas por ser potencialmente utilizada em contextos organizacionais, acadêmicos e governamentais. Empresas podem empregá-la para diagnosticar

lacunas no conhecimento dos trabalhadores sobre segurança ocupacional e desenvolver programas de treinamento mais eficazes.

Em pesquisa acadêmica, a escala pode contribuir para estudos que explorem a relação entre conhecimento em segurança e comportamentos de risco no ambiente laboral. Além disso, órgãos reguladores e instituições governamentais podem utilizar a ECST como uma ferramenta de monitoramento e avaliação de políticas públicas baseadas em evidências voltadas para a redução de acidentes de trabalho e promoção da segurança ocupacional.

Apesar dos achados positivos, algumas limitações devem ser consideradas. Primeiramente, a amostra utilizada na fase de validação psicométrica foi composta por trabalhadores de setores específicos, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras áreas de atuação.

Para direções futuras, sugere-se a ampliação da amostra para incluir trabalhadores de diferentes setores econômicos e regiões do Brasil, garantindo maior representatividade e robustez dos achados. Recomenda-se, ainda, a ampliação das pesquisas sobre a validade da escala, incluindo a avaliação de evidências de validade preditiva, analisando sua capacidade de prever comportamentos seguros e a redução de incidentes ocupacionais ao longo do tempo. Além disso, é importante investigação de evidências de validade convergente, explorando suas relações com indicadores objetivos, como desempenho no trabalho, adesão a treinamentos de segurança e histórico de acidentes. Outra linha útil de pesquisa envolve a condução de estudos normativos, permitindo a criação de critérios de interpretação dos escores, facilitando sua aplicação prática em diferentes setores e auxiliando na formulação de políticas organizacionais voltadas à segurança no trabalho. Por fim, futuras pesquisas podem examinar a relação da ECST com outros construtos, como atitudes em relação à segurança, percepção de risco e adesão a práticas seguras no trabalho.

6 REFERÊNCIAS

AGUSDIN, A. M.; SURYATNI, M.; NURMAYANTI, S. The Effect of Knowledge, Perception, Attitude, and Culture on Occupational Safety and Health Behavior. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, [Jaipur, Índia], v. 9, n. 1, p. 155–166, 2022. Disponível em: https://ijiset.com/vol9/v9s1/IJISSET_V9_I1_18.pdf. Acesso em: 21 dez. 2024.

ALVES, M. M. P. et al. Avaliação do conhecimento das normas de segurança no trabalho por trabalhadores em tubulões pressurizados. *Revista Brasileira de Medicina do Trabalho, Belo Horizonte*, v. 11, n. 1, p. 19–26, 2013. Disponível em: <https://www.rbmt.org.br/about-the-authors/42/pt-BR>. Acesso em: 21 dez. 2024.

AYOUZ, H.; ALZUBI, A.; IYIOLA, K. Using benevolent leadership to improve safety behaviour in the construction industry: a moderated mediation model of safety knowledge and safety training and

education. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, Londrina, p. 1–14, 4 nov. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10803548.2024.2421293>. Acesso em: 21 dez. 2025.

BAGHERI, A. *et al.* Farmers' knowledge, attitudes, and perceptions of pesticide use in apple farms of northern Iran: impact on safety behavior. *Environmental Science and Pollution Research*, Berlin, v. 26, n. 9, p. 9343–9351, mar. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-04330-y>. Acesso em: 21 dez. 2024.

BARROS-DELBEN, P.; CRUZ, R. M. Modelo de Comportamento Seguro para Gestão de Riscos em Contextos de Isolamento, Confinamento e Extremos. *Revista Psicologia Organizações e Trabalho*, Florianópolis, v. 23, n. 1, 2023. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-66572023000100003. Acesso em: 21 dez. 2024.

BENTLER, P. M. Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, Washington, DC, v. 107, n. 2, p. 238–246, 1990. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1990-18400-001>. Acesso em: 21 dez. 2024.

BESELER, C. L.; STALLONES, L. Safety knowledge, safety behaviors, depression, and injuries in Colorado farm residents. *American Journal of Industrial Medicine*, Hoboken, NJ, v. 53, n. 1, p. 47–54, jan. 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ajim.20731>. Acesso em: 21 dez. 2024.

BEUS, J. M.; MCCORD, M. A.; ZOHAR, D. Workplace safety: A review and research synthesis. *Organizational Psychology Review*, Thousand Oaks, CA, v. 6, n. 4, p. 352–381, nov. 2016. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2041386615626243>. Acesso em: 21 dez. 2024.

BROWN, T. A. *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York London: The Guilford Press, 2015.

BUNNER, J.; PREM, R.; KORUNKA, C. How Work Intensification Relates to Organization-Level Safety Performance: The Mediating Roles of Safety Climate, Safety Motivation, and Safety Knowledge. *Frontiers in Psychology*, Lausanne, v. 9, p. 2575, 17 dez. 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2018.02575/full>. Acesso em: 21 dez. 2024.

BURKE, M. J.; SOCKBESON, C. E. S. Safety Training. In: Clarke, S; Probst, T. M.; Guldenmund, F.; Passmore, J (org.). *The Wiley Blackwell Handbook of the Psychology of Occupational Safety and Workplace Health*. Chichester: John Wiley & Sons, 2015. p. 327–356.

CASSEPP-BORGES, V.; BALBINOTTI, M. A. A.; TEODORO, M. L. M. Tradução de validação de conteúdo: uma proposta para adaptação de instrumentos. Em: PASQUALI, L. (ed.). *Instrumentação Psicológica: fundamentos e prática*. Porto Alegre, RS: ArtMed, 2010. p. 506–520.

CHAN, W. T.-K.; LI, W.-C. Development of effective human factors interventions for aviation safety management. *Frontiers in Public Health*, Lausanne, v. 11, p. 1144921, 5 maio 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2023.1144921/full>. Acesso em: 21 dez. 2024.

CHITTARO, L. *et al.* Safety knowledge transfer through mobile virtual reality: A study of aviation life preserver donning. *Safety Science*, Amsterdã, v. 102, p. 159–168, fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.012>. Acesso em: 21 dez. 2024.

DERDOWSKI, L. A.; MATHISEN, G. E. Psychosocial factors and safety in high-risk industries: A systematic literature review. *Safety Science*, Amsterdã, v. 157, p. 105948, jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105948>. Acesso em: 21 dez. 2025.

DRAGANO, N. *et al.* Who knows the risk? A multilevel study of systematic variations in work-related safety knowledge in the European workforce. *Occupational and Environmental Medicine*, Londres, v. 72, n. 8, p. 553–559, ago. 2015. Disponível em: <https://oem.bmj.com/content/72/8/553>. Acesso em: 21 dez. 2024.

ELKIND, P. D. Correspondence between knowledge, attitudes, and behavior in farm health and safety practices. *Journal of Safety Research*, Amsterdã, v. 24, n. 3, p. 171–179, set. 1993. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-4375\(93\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-4375(93)90026-6). Acesso em: 21 dez. 2024.

FERRANDO, P.; LORENZO-SEVA, U. Program FACTOR at 10: Origins, development and future directions. *Psicothema*, Oviedo, v. 2, n. 29, p. 236–240, 1 maio 2017. Disponível em: <https://www.psicothema.com/pi?pii=4393>. Acesso em: 21 dez. 2024.

FRUHEN, L. S. *et al.* *Safety Knowledge Measure*. [Washington, DC]: APA PsycTests, 9 fev. 2015. Disponível em: <https://doi.apa.org/doi/10.1037/t36408-000>. Acesso em: 31 jan. 2025

GHANI, H. N.; RIDHO, F. M. Identifying and Analyzing Factors Influencing Occupational Accidents in the Construction Sector: A Review of 10-year Research. *Pasak: Jurnal Teknik Sipil Dan Bangunan*, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 34–48, 2024. Disponível em: <https://journals.itba.ac.id/index.php/pasak/article/view/178>. Acesso em: 21 dez. 2024.

GRIFFIN, M. A.; NEAL, A. Perceptions of safety at work: A framework for linking safety climate to safety performance, knowledge, and motivation. *Journal of Occupational Health Psychology*, Washington, DC, v. 5, n. 3, p. 347–358, 2000. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/2000-02598-005>. Acesso em: 21 dez. 2024.

HEJDUK, I. *et al.* Safety knowledge and safe practices at work: A study of Polish industrial enterprises. *Work*, Amsterdã, v. 65, n. 2, p. 349–359, 20 fev. 2020. Disponível em: <https://content.iospress.com/articles/work/wor203091>. Acesso em: 21 dez. 2024.

HERNANDEZ-NIETO, R. *Contribuciones Al Analisis Estadistico de Datos: Sensibilidad (Estabilidad y Consistencia) de Varios Coeficientes de Variabilidad Relativa y el Coeficiente de Variacion Proporcional (Cvp), el Coeficiente de Validez de Contenido (Cvc) y el Coeficiente Kappa*. Merida: IESINFO, 2001.

INTERNATIONAL TEST COMMISSION. *International Test Commission guidelines for translating and adapting tests*. Marlowes: ITC, 2010.

ISHDORJ, S.; AHN, C. R.; PARK, M. Major Factors Influencing Safety Knowledge-Sharing Behaviors of Construction Field Workers: Worker-to-Worker Level Safety Communication. *Journal of*

Construction Engineering and Management, Reston, VA, v. 150, n. 4, p. 04024021, abr. 2024. Disponível em: <https://s-space.snu.ac.kr/handle/10371/202375>. Acesso em: 21 dez. 2024.

JÖRESKOG, K. G.; SÖRBOM, D. *LISREL 6: analysis of linear structural relationships by maximum likelihood, instrumental variables and least squares methods; user's guide*. 4. ed. Mooresville, Ind: Scientific Software, Inc, 1986.

KLINE, R. B. *Principles and practice of structural equation modeling*. New York: Guilford Press, 2016.

MANEECHAEYE, P. Investigating aviation safety factors and proposed conceptual model for safety behaviors among Thai flight crews: A qualitative approach. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, [s. l.], v. 45, n. 2, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/380070192_Investigating_aviation_safety_factors_and_proposed_conceptual_model_for_safety_behaviors_among_Thai_flight_crews_A_qualitative_approach. Acesso em: 21 dez. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. *Norma Regulamentadora 4: Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho – NR-4*. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-04-atualizada-2023.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2024.

NEAL, A.; GRIFFIN, M. A.; HART, P. M. The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior. *Safety Science*, Amsterdã, v. 34, n. 1–3, p. 99–109, fev. 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00008-4](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00008-4). Acesso em: 21 dez. 2025.

PASQUALI, L. Testes referentes a construto: teoria e modelo de construção. Em: PASQUALI, L. (Ed.). *Instrumentação Psicológica: fundamentos e prática*. Porto Alegre, RS: ArtMed, 2010. p. 165–198.

ROSSEEL, Y. lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, Los Angeles, v. 48, n. 2, 2012. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/v48/i02/>. Acesso em: 21 dez. 2025.

SCHEEPERS, C. *Exploring the Influence of Safety Knowledge on Employee Safety Behaviour within the Manufacturing Industry*. Dissertação (Mestrado em Psicologia Industrial) – Stellenbosch, Africa do Sul: Stellenbosch University, 2024.

SIDIQ, M. F.; ROHMAN, M. A. A review on safety knowledge and skills for reducing human error and accidents in construction. *E3S Web of Conferences*, Les Ulis, v. 429, p. 01006, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342901006>. Acesso em: 21 dez. 2024.

SMITH-CROWE, K.; BURKE, M. J.; LANDIS, R. S. Organizational climate as a moderator of safety knowledge–safety performance relationships. *Journal of Organizational Behavior*, Hoboken, NJ, v. 24, n. 7, p. 861–876, nov. 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/job.224>. Acesso em: 21 dez. 2024.

TANAKA, J. S. "How Big Is Big Enough?": Sample Size and Goodness of Fit in Structural Equation Models with Latent Variables. *Child Development*, Hoboken, NJ, v. 58, n. 1, p. 134–146, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1130299>. Acesso em: 21 dez. 2024.

TIMMERMAN, M. E.; LORENZO-SEVA, U. Dimensionality assessment of ordered polytomous items with parallel analysis. *Psychological Methods*, Washington, DC, v. 16, n. 2, p. 209–220, jun. 2011. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/2011-10271-001>. Acesso em: 21 dez. 2024.

TUCKER, L. R.; LEWIS, C. A reliability coefficient for maximum likelihood factor analysis. *Psychometrika*, New York, v. 38, n. 1, p. 1–10, mar. 1973. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02291170>. Acesso em: 21 dez. 2024.

VINODKUMAR, M. N.; BHASI, M. Safety management practices and safety behaviour: Assessing the mediating role of safety knowledge and motivation. *Accident Analysis & Prevention*, Amsterdã, v. 42, n. 6, p. 2082–2093, nov. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.06.021>. Acesso em: 21 dez. 2024.

WEST, S. G.; TAYLOR, A. B.; WU, W. Model fit and model selection in structural Equation Modeling. Em: HOYLE, R. H. (ed.). *Handbook of Structural Equation Modelin*. New York (N.Y.): Guilford Press, 2012. p. 209–231.

WESTABY, J. D.; LEE, B. C. Antecedents of injury among youth in agricultural settings: A longitudinal examination of safety consciousness, dangerous risk taking, and safety knowledge. *Journal of Safety Research*, Amsterdã, v. 34, n. 3, p. 227–240, ago. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(03\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(03)00030-9). Acesso em: 21 dez. 2024.



APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Introdução ou Considerações iniciais:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Referencial teórico:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Metodologia:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Análise de dados:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Discussão dos resultados:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Conclusão ou Considerações finais:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Referências:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Revisão do manuscrito:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad; **Aprovação da versão final publicada:** Carlos Manoel Lopes Rodrigues; Cristiane Faiad.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 1 de fevereiro de 2025.

Aprovado: 15 de novembro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

RODRIGUES, Carlos Manoel Lopes; FAIAD, Cristiane. Construção e evidências de validade de uma escala de conhecimento em segurança no trabalho. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 22-39, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Profa. Dra. Marise Takano

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Uma revisão bibliográfica sobre a alimentação e suas dimensões nos ambientes educacionais

A bibliographic review on food and its dimensions in educational environments

Una revisión bibliográfica sobre la alimentación y sus dimensiones en los ambientes educativos

RENATA DAVID DE MORAES¹

DAYANNA PEREIRA DOS SANTOS²

RESUMO

Alimentar-se de forma adequada e saudável é um direito inerente a todo ser humano que não deve se restringir ao acesso a alimentos, mas perpassar todos os princípios de uma alimentação saudável. A Educação Alimentar e Nutricional é um campo de ação estratégico para a segurança alimentar e nutricional e a promoção da alimentação adequada e saudável, sendo os ambientes educacionais lugares propícios para o seu desenvolvimento. O presente artigo aborda a alimentação e suas dimensões bem como do consumo alimentar e seus impactos na saúde de jovens e adultos, em especial durante sua permanência nos ambientes educacionais. Para atingir tal fim, realizou-se uma revisão bibliográfica nos artigos publicados no último triênio na plataforma SciELO a partir da busca com as palavras-chave Alimentação Saudável, Cantina Escolar, Alimentação na Escola e Cantinas Saudáveis. Foram encontrados dezesseis artigos dos quais se destacaram a associação da adesão de estudantes à alimentação escolar ao consumo alimentar mais saudável; a relação da presença de cantinas e pontos alternativos de venda de alimentos no ambiente escolar ao maior consumo de alimentos ultraprocessados e a uma menor adesão à alimentação escolar; a relação do ambiente alimentar escolar capaz de influenciar o consumo alimentar fora da escola. Esses resultados apontam que são necessárias atitudes de intervenção nesse ambiente, como maior atenção à oferta de alimentos ultraprocessados e sua publicidade; atenção aos espaços da escola destinados à alimentação; estímulo à alimentação saudável a partir de práticas educativas; adoção de políticas promotoras de saúde e a valorização da alimentação escolar.

Palavras-chave: educação alimentar e nutricional; alimentação saudável; alimentação na escola.

ABSTRACT

Eating adequately and healthily is an inherent right of every human being that should not be restricted to access to food, but permeate all the principles of healthy eating. Food and Nutritional Education is a strategic field of action for food and nutritional security and the promotion of adequate and healthy eating, with educational environments being conducive places for its development. This article aims to carry out a bibliographical review regarding food and its dimensions, as well as food consumption and its impacts on the health of young people and adults, especially during their stay in educational environments. A review was carried out on articles published in the last three years on the SciELO platform using the keywords Healthy Food, School Canteen, School Food and Healthy Canteens. Sixteen articles were found, highlighting the association between student adherence to school meals and healthier food consumption; the relationship between the presence of canteens and alternative food outlets in the school environment and the greater consumption of ultra-processed foods and lower adherence to school meals; the relationship between the school food environment capable of influencing food consumption outside of school. These results indicate that intervention attitudes are necessary in this environment, such as greater attention to the supply of ultra-processed foods

1 Instituto Federal de Goiás (IFG). E-mail: renata.moraes@ifg.edu.br.

2 Instituto Federal de Goiás (IFG). E-mail: dayanna.santos@ifg.edu.br.

and their advertising; pay attention to school spaces dedicated to food; encouraging healthy eating through educational practices; adoption of health-promoting policies and the valorization of school meals.

Keywords: food and nutrition education; healthy eating; food at school.

RESUMEN

Una alimentación adecuada y saludable es un derecho inherente a todo ser humano que no debe limitarse al acceso a los alimentos, sino que debe abarcar todos los principios de una alimentación saludable. La educación alimentaria y nutricional es un campo de acción estratégico para la seguridad alimentaria y nutricional y la promoción de una alimentación adecuada y saludable, ya que los entornos educativos son lugares propicios para su desarrollo. El presente artículo aborda la alimentación y sus dimensiones, así como el consumo de alimentos y sus impactos en la salud de jóvenes y adultos, especialmente durante su permanencia en entornos educativos. Para lograr este fin, se realizó una revisión bibliográfica de los artículos publicados en los últimos tres años en la plataforma SciELO a partir de la búsqueda con las palabras clave Alimentación Saludable, Comedor Escolar, Alimentación en la Escuela y Comedores Saludables. Se encontraron dieciséis artículos, entre los que destacaron la asociación entre la adhesión de los estudiantes al programa de alimentación escolar y un consumo alimentario más saludable; la relación entre la presencia de cantinas y puntos alternativos de venta de alimentos en el entorno escolar y un mayor consumo de alimentos ultraprocesados y una menor adhesión al programa de alimentación escolar; y la relación entre el entorno alimentario escolar y su capacidad para influir en el consumo alimentario fuera de la escuela. Estos resultados apuntan a la necesidad de adoptar medidas de intervención en este entorno, como prestar mayor atención a la oferta de alimentos ultraprocesados y su publicidad; prestar atención a los espacios escolares destinados a la alimentación; fomentar la alimentación saludable a partir de prácticas educativas; adoptar políticas que promuevan la salud y valorizar la alimentación escolar.

Palabras clave: educación alimentaria y nutricional; alimentación saludable; comida en la escuela.

1 INTRODUÇÃO

Alimentar-se de forma adequada e saudável é um direito primordial inerente a todo ser humano e estabelecido por leis internacionais, a partir principalmente da Carta das Nações Unidas (1945), da Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948) e do Pacto Internacional dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (1966). A consolidação deste direito se deu principalmente a partir da década de 90 com a Cúpula Mundial da Alimentação, organizada pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, sigla em inglês para *Food and Agriculture Organization*) e realizada em Roma, em 1996. No Brasil, o direito à alimentação é garantido pela Constituição Federal Brasileira de 1988 em seus artigos 6º e 227 (Brasil, 1988).

A alimentação é compreendida como ato biológico, social e político e perpassa por aspectos para além da ingestão de alimentos e da satisfação das necessidades nutricionais basais: trata-se também das formas de acesso – ou não acesso – aos alimentos, das decisões sobre o quê e onde comer, de quem e em qual lugar comprar, como preparar, com quais pessoas partilhar a comida (Leão; Recine, 2011). Em outras palavras, o ato de se alimentar incide em relações e decisões que

se delineiam em díspares níveis de autonomia, contingente de informações educativas e conhecimento sobre o alimento.

A população brasileira está constantemente exposta à insegurança alimentar e nutricional que é, grosso modo, quando o acesso a alimentos de qualidade é escasso ou insuficiente. Lúcia Guerra (2022) aponta, como necessários para o enfrentamento dessa situação, a construção de uma rede de proteção social que seja capaz de integrar políticas públicas, sociais e humanitárias; o maior suporte à agricultura familiar; a necessidade de uma política de abastecimento consistente capaz de proporcionar um enfrentamento aos impactos econômicos sem que isso impacte nos preços dos alimentos; e a valorização da cadeia local de produção e distribuição de alimentos.

A Educação Alimentar e Nutricional (EAN) é, também, um campo de ação estratégico para alcançar a segurança alimentar e nutricional e a promoção da alimentação adequada e saudável. As ações da EAN necessitam levar em consideração todos os aspectos e complexidades que trazem o alimento, superando o caráter prescritivo e considerando as dimensões subjetiva e cultural do ato de se alimentar, bem como as condições objetivas dos indivíduos para colocarem em prática aquilo que se pretendeu trabalhar nas ações educativas (Bezerra, 2018).

Nessa perspectiva, tais ações precisam ser pensadas a partir da compreensão da realidade e das causas sociais, políticas e econômicas do contexto em que serão desenvolvidas, além de buscar a articulação entre os saberes popular e científico, e assim terão potencial para verdadeira transformação social e superação das causas estruturais do problema. É indispensável, pois, que os profissionais saiam da posição de suposta superioridade do saber acadêmico que possuem para que se estabeleça uma relação horizontal e dialógica em relação ao saber popular (Freire, 2008). Nesse sentido, os ambientes educacionais – e por ambiente entende-se não somente a sala de aula, mas também todos os demais espaços das instituições de educação, como cantinas, restaurantes e espaços de convivência – tornam-se lugares propícios para o desenvolvimento da EAN.

Isso posto, este artigo apresenta uma revisão bibliográfica a respeito da alimentação e suas dimensões bem como do consumo alimentar e seus impactos na saúde de jovens e adultos em especial durante sua permanência nos ambientes educacionais.

2 BASES TEÓRICAS

2.1 A alimentação e suas dimensões

O direito humano à alimentação adequada foi definido em 2002 pelo Relator Especial da ONU, Jean Ziegler, como

Um direito humano inerente a todas as pessoas de ter acesso regular, permanente e irrestrito, quer diretamente ou por meio de aquisições financeiras, a alimentos seguros e saudáveis, em quantidade e qualidade adequadas e suficientes, correspondentes às tradições culturais do seu povo e que garantam uma vida livre do medo, digna e plena nas dimensões física e mental, individual e coletiva (Ziegler, 2002).

Marília Leão e Elisabetta Recine (2011) trazem, ainda, as diversas dimensões que envolvem a alimentação adequada, dentre elas a diversidade, a qualidade sanitária, a adequação nutricional, a ausência de contaminantes e agrotóxicos, o acesso a recursos, o respeito e a valorização da cultura alimentar, o acesso à informação e a realização de outros direitos.

A partir dessas dimensões, pode-se entender que o direito de se alimentar não deve se restringir puramente ao acesso a alimentos, mas perpassar todos os princípios de uma alimentação saudável, que considere a segurança biológica e a nutrição, mas também os sistemas alimentares e as tradições culturais que envolvem a alimentação de um povo.

Nesse sentido, a fim de promover e prover os direitos humanos à saúde e à alimentação, o Estado brasileiro aprovou em 1999 a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN), que foi reformulada em 2011 com o propósito de buscar a garantia da segurança alimentar e nutricional da população brasileira. A PNAN traz em seus princípios a relação da alimentação como prática de saúde, que deve respeitar a diversidade e a cultura alimentar dos povos, fortalecer a autonomia dos indivíduos, mas sempre trazendo à tona a natureza interdisciplinar e intersetorial da alimentação e da nutrição, com a finalidade de atingir a segurança alimentar e nutricional com soberania (Brasil, 2013).

Em 2006 foi publicado o primeiro *Guia alimentar para a população brasileira*, que apresentou as primeiras diretrizes alimentares oficiais para o país. Em 2014, diante das transformações sociais, de alimentação e de saúde que a população brasileira atravessou, o guia foi reformulado com novas recomendações, tendo por pressupostos os direitos à saúde e à alimentação adequada e saudável. O documento reestruturado trouxe a conceituação de alimentação adequada e saudável como sendo

[...] um direito humano básico que envolve a garantia ao acesso permanente e regular, de forma socialmente justa, a uma prática alimentar adequada aos aspectos biológicos e sociais do indivíduo e que deve estar em acordo com as necessidades alimentares especiais; ser referenciada pela cultura alimentar e pelas dimensões de gênero, raça e etnia; acessível do ponto de vista físico e financeiro; harmônica em quantidade e qualidade, atendendo aos princípios da variedade, equilíbrio, moderação e prazer; e baseada em práticas produtivas adequadas e sustentáveis (Brasil, 2014, p. 8).

Com esse conceito, o guia alimentar brasileiro dá destaque para dimensões como gênero, raça e etnia e para práticas produtivas adequadas e sustentáveis, evidenciando que a alimentação envolve aspectos tanto individuais – e aqui se destacam as escolhas, as preferências e as necessidades biológicas de nutrientes de acordo com a fase de vida dos indivíduos –, quanto coletivos, que são aspectos relacionados à diversidade, à cultura e à soberania alimentar, à sustentabilidade ambiental e à disponibilidade dos alimentos, por exemplo.

Tanto as recomendações do Guia quanto os princípios da PNAN estão fortemente alinhados ao conceito de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), definido pela Lei que trata do tema como:

Art. 3º [...] realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (Brasil, 2006).

As concepções de Direito Humano à Alimentação Adequada, Alimentação Adequada e Saudável e Segurança Alimentar e Nutricional deixam nítido que a alimentação perpassa diversos aspectos. Flávio Valente (2021), ao tratar da SAN, ainda amplia esses aspectos ao afirmar que a alimentação envolve criatividade, amor, carinho, socialização, cultura, espiritualidade e religiosidade. Para o autor, uma alimentação adequada colabora com a construção de seres humanos/cidadãos saudáveis, conscientes de seus direitos e deveres e de suas responsabilidades com o meio ambiente e com a qualidade de vida de seus descendentes.

A promoção da SAN é, portanto, uma responsabilidade coletiva que deve articular governo, sociedade civil e setor empresarial, por meio de políticas, programas e ações voltadas à garantia do direito humano de se alimentar de forma adequada.

2.2 A insegurança alimentar e nutricional

A SAN está constantemente ameaçada expondo a população à múltipla carga de má nutrição, composta por carências nutricionais, desnutrição e excesso de peso, aspectos estes que atualmente são um dos principais fatores de risco para as Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) e a perda da qualidade de vida das pessoas (Brasil, 2020).

No Brasil, existe a Escala Brasileira de Medida Domiciliar de Insegurança Alimentar (Ebia), a qual classifica os domicílios em categorias: segurança alimentar, insegurança alimentar leve, insegurança alimentar moderada ou insegurança alimentar grave. Tais categorias são assim definidas pela Ebia:

- a) Segurança Alimentar: caracterizada pelo acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente, não havendo a percepção de sofrer restrição no futuro próximo.
- b) insegurança alimentar leve: situação de incerteza quanto ao acesso a alimentos. É caracterizada, portanto, pelo risco de comprometimento da qualidade dos alimentos em detrimento da quantidade;
- c) insegurança alimentar moderada: evidenciada pela diminuição da quantidade de alimentos entre os adultos e/ou mudanças importantes nos padrões de alimentação causadas pela falta de alimentos entre os adultos; e
- d) insegurança alimentar grave: quando há redução quantitativa de alimentos para os adultos e para as crianças que coabitam (Brasil, 2014b).

O 2º Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil, realizado pela Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional (PENSSAN, 2022), apontou que mais da metade (58,7%) da população brasileira convive com a insegurança alimentar em algum grau – leve, moderado ou grave (fome). De acordo com o documento, o agravamento da situação do país se dá também pelo desmonte de políticas públicas, pela piora no cenário econômico, pelo acirramento das desigualdades sociais e em função do segundo ano da pandemia da Covid-19.

Uma vez considerado o processo de transformação do alimento em mercadoria, traço característico do capitalismo, a fome no país não está relacionada à insuficiência da produção e da disponibilidade de alimentos. De acordo com Flávio Valente (2021), a partir de 1950, o Brasil tem produzido alimentos em quantidade suficiente para alimentar toda a sua população. Assim, são outros os motivos para que a fome e a desigualdade ainda estejam tão presentes no nosso país, como a extrema concentração da terra, da riqueza e da renda, o abastecimento alimentar insuficiente em áreas rurais e urbanas, o controle inadequado da qualidade dos alimentos e as dificuldades de acesso a uma alimentação segura e nutricionalmente adequada (Valente, 2021).

O relatório *A Sindemia Global da Obesidade, Desnutrição e Mudanças Climáticas da Comissão The Lancet*, organizado no Brasil e traduzido para o português pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec) enquanto um projeto do Alimentando Políticas, trata da narrativa sindêmica global e demonstra que a má alimentação em todas as suas formas – desnutrição, obesidade e riscos alimentares para doenças crônicas não transmissíveis – é a principal causa de doenças e mortes prematuras a nível mundial. Para além dos efeitos diretos na saúde das pessoas, a obesidade e a

desnutrição estão, ainda, intimamente relacionadas às mudanças climáticas, o que aponta para o fato de que a má alimentação e seus efeitos perpassam também os nexos entre sistemas alimentares e sustentabilidade (Idec, 2019).

2.3 Educação Alimentar e Nutricional

A Educação Alimentar e Nutricional (EAN) é um campo de ação estratégico para a segurança alimentar e nutricional e a promoção da alimentação adequada e saudável. De acordo com o *Marco de referência de educação alimentar e nutricional para as políticas públicas* (Brasil, 2012, p. 23), a EAN

[...] é um campo de conhecimento e de prática contínua e permanente, transdisciplinar, intersetorial e multiprofissional que visa promover a prática autônoma e voluntária de hábitos alimentares saudáveis. A prática da EAN deve fazer uso de abordagens e recursos educacionais problematizadores e ativos que favoreçam o diálogo junto a indivíduos e grupos populacionais, considerando todas as fases do curso da vida, etapas do sistema alimentar e as interações e significados que compõem o comportamento alimentar.

Desse modo, a EAN apresenta potencialidades de resultados contribuindo na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis e deficiências nutricionais, mas também perpassando a valorização das diferentes expressões da cultura alimentar e dos hábitos regionais, a redução do desperdício de alimentos e a promoção do consumo sustentável (Brasil, 2012). No entanto, para que ela seja efetiva, é necessário que se leve em consideração todos os aspectos da alimentação, desde a produção ao consumo dos alimentos, que envolva diferentes profissionais e setores e, por fim, que articule as diferentes dimensões às quais os indivíduos são submetidos.

Uma vez que a alimentação é “tema determinante na formação de identidades individuais e coletivas, carregado de significados, crenças, tabus, valores étnicos e sentimentos de pertença territorial” (Bezerra, 2018 p. 57), caso as ações de EAN ponderem somente aspectos técnicos e científicos em detrimento dos seus demais significados, corre-se o risco de que todo o empreendimento não alcance seu potencial de promover autonomia em relação a escolhas mais saudáveis.

Bezerra (2018) afirma que mudanças de hábitos alimentares por vontade da própria pessoa, ou seja, espontaneamente pressupõe a utilização de uma pedagogia ativa, dialógica e questionadora a fim de formar indivíduos conscientes capazes de promover a transformação das estruturas sociais. De acordo com essa pedagogia, também conhecida como pedagogia freiriana,

Para que o diálogo seja um método ativo de comunicação e de educação, favorecendo o desenvolvimento da consciência crítica, é necessário que ocorra de forma horizontal, amorosa, esperançosa e empática. Exige a escuta e o respeito ao saber e à cultura do outro (Freire, 2008, p. 68-69).

Nessa perspectiva, as ações de EAN necessitam essencialmente ser pensadas a partir da compreensão da realidade e das causas sociais, políticas e econômicas do contexto em que serão desenvolvidas bem como precisam buscar a articulação entre os saberes popular e científico e assim terão potencial para verdadeira transformação social e superação das causas estruturais do problema (Freire, 2008).

2.4 Promoção da Alimentação Adequada e Saudável

A Promoção da Alimentação Adequada e Saudável (PAAS) é uma diretriz da PNAN e uma das vertentes da promoção da saúde. Conforme o documento *Política Nacional de Alimentação e Nutrição* (Brasil, 2013, p. 31), a PAAS é compreendida

como um conjunto de estratégias que proporcionem aos indivíduos e coletividades a realização de práticas alimentares apropriadas aos seus aspectos biológicos e socioculturais, bem como ao uso sustentável do meio ambiente. Considerando-se que o alimento tem funções transcendentais ao suprimento das necessidades biológicas, pois agrega significados culturais, comportamentais e afetivos singulares que não podem ser desprezados.

Para tanto, a PNAN lista as dimensões que precisam ser levadas em consideração: políticas públicas saudáveis, criação de ambientes favoráveis à saúde nos quais indivíduos e comunidades possam exercer o comportamento saudável, reforço da ação comunitária, desenvolvimento de habilidades pessoais por meio de processos participativos e permanentes e reorientação dos serviços na perspectiva da promoção da saúde. Desse modo, a PAAS deve ser pautada na intersetorialidade e estar voltada não somente ao indivíduo, mas também ao coletivo e aos ambientes, sejam eles físico, social, político, econômico ou cultural (Brasil, 2013).

A PAAS deve envolver, assim, a educação alimentar e nutricional, a regulação de alimentos, a rotulagem e a informação, a publicidade de alimentos, a melhoria do perfil nutricional e a criação de ambientes que sejam promotores da alimentação adequada e saudável de modo a permitir que os sujeitos sejam capazes de adotar modos de vida mais saudável e igualmente enfrentar práticas não promotoras de saúde (Brasil, 2013).

Uma das estratégias para a efetivação da diretriz de PAAS é o *Guia alimentar para a população brasileira*, que se constitui como instrumento para apoiar e incentivar práticas alimentares saudáveis e subsidiar políticas, programas e ações que visem a saúde e a segurança alimentar e nutricional da população (Brasil, 2014).

É importante considerar, no entanto, que há múltiplos sentidos que são atribuídos aos alimentos e à alimentação nesse contexto da promoção da alimentação saudável, dado que estão envolvidos interesses de diferentes atores, sejam eles situados no contexto de governo, de sociedade ou de mercado.

O Guia (Brasil, 2014) e a classificação utilizada nele para os alimentos (*in natura*, processados e ultraprocessados) confrontam as abordagens defendidas pelo setor privado comercial, o qual tenta afastar de si a responsabilidade dos impactos negativos na saúde provocados por seus produtos e deslocar a responsabilidade tanto para o nível individual, trazendo a narrativa da “liberdade de escolha” e do “empoderamento do consumidor”, quanto para a inatividade física como verdadeiros responsáveis pelo adoecimento, com o fortalecimento do discurso de que não há alimentos bons ou ruins (Burlandy *et al.*, 2021). Essa análise evidencia a importância de que a alimentação saudável seja trabalhada em seus aspectos mais amplos a fim de que não sirva apenas aos interesses de mercado.

Pereira *et al.* (2021), ao identificarem os fatores relacionados ao desenvolvimento e à implementação das principais medidas regulatórias de proteção da alimentação adequada e saudável no Brasil nos últimos 20 anos, avaliaram que a regulação da comercialização de alimentos no ambiente escolar é uma das principais medidas para que tal feito seja alcançado. A respeito desse assunto, diversos projetos de lei foram encontrados, mas sem êxito de aprovação, muitas vezes limitados por parte da indústria alimentícia e por parlamentares alinhados aos interesses dessa indústria.

Atualmente, no sentido da normatização da comercialização de alimentos em cantinas escolares, há a Recomendação n.º 67, de 13 de novembro de 2018, do Conselho Nacional do Ministério Público (Brasil, 2018), por meio da qual se intenta o desestímulo ou a proibição de vendas ou ofertas de produtos industrializados ou ultraprocessados nos refeitórios e nas cantinas escolares. Há também a possibilidade de aprovação local das medidas regulatórias com legislações existentes em estados e municípios, mas sem grandes avanços a nível nacional (Pereira *et al.*, 2021).

3 MÉTODOS

Realizou-se uma revisão nos artigos publicados no último triênio, considerando-se apenas aqueles disponíveis em português e que se encaixavam na temática da alimentação e sua relação com a alimentação de jovens e adultos na escola. A busca foi realizada na plataforma SciELO a partir das palavras-chave Alimentação Saudável, Cantina Escolar, Alimentação na Escola e Cantinas Saudáveis.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

A investigação à procura de trabalhos que pudessem compor a presente revisão bibliográfica localizou dezesseis artigos, dos quais se destacam os sintetizados no Quadro 1. O Quadro 1 traz a síntese dos principais dados encontrados nos artigos que estão organizados a partir das palavra-chave e da ordem cronológica.

ARTIGO	PRINCIPAIS ACHADOS
PALAVRA-CHAVE: Alimentação saudável	
Adequação a uma alimentação saudável em adolescentes escolares e perfil bioquímico associado (Lopes et al., 2021)	Esse estudo avaliou a adequação aos 10 passos para uma alimentação saudável e sua correlação com o perfil lipídico de adolescentes de escolas estaduais em Montes Claros. A frequência dessa conformidade entre os adolescentes foi baixa. Evidenciou-se que os estudantes tinham um consumo satisfatório de feijão, cereais, raízes, tubérculos, integrais e água, mas um consumo pouco satisfatório de legumes, hortaliças, frutas, carne, aves, ovos, leite e derivados. A ingestão de leite e carnes magras ou ovos e de refrigerantes, sucos industrializados e guloseimas foi associada ao aumento do colesterol total. Os autores avaliam que a adolescência é uma fase da vida oportuna para a inserção de hábitos alimentares mais saudáveis, sendo necessário que se tenham estratégias intersetoriais, controle de propagandas que estimulem o consumo de alimentos pouco saudáveis e uma maior disseminação dos benefícios da alimentação entre os adolescentes, a fim de que essas estratégias contribuam para uma maior adesão à alimentação saudável.
Ambiente alimentar do entorno de escolas públicas e privadas: oportunidade ou desafio para alimentação saudável? (Henriques et al., 2021)	Esse estudo analisou os alimentos comercializados no entorno de escolas públicas e privadas de Niterói. As autoras identificaram que há a presença predominante de lanchonetes e de restaurantes próximos às instituições e um menor número de mercados, mercearias e sacolões. Além disso, também constataram que a comercialização de alimentos ultraprocessados foi superior a 65%, sendo o maior percentual de guloseimas (balas, chicletes, bombons e chocolates), biscoitos (salgados e doces), picolés, bebidas industrializadas e refrigerantes. Por fim, as autoras avaliam que é necessário modificar o ambiente alimentar e, para tanto, são importantes medidas regulatórias, mas também estratégias educativas, a exemplo da capacitação de cantineiros e ações contínuas de educação alimentar e nutricional, de modo que estas integrem o projeto pedagógico das escolas e desenvolvam atividades que despertem a reflexão dos participantes. Tais ações podem ajudar a enfrentar o cenário atual da substituição de alimentos <i>in natura</i> por alimentos altamente processados, propiciar a compreensão da alimentação como prática social, promover o reconhecimento da importância do consumo de frutas e vegetais pelos alunos, bem como aumentar a motivação para que eles experimentem estes alimentos.

<p>Características do ambiente escolar relativas à alimentação e atividade física: PeNSE 2015 (Souza et al., 2021)</p>	<p>Caracterizou-se, nesse estudo, o ambiente alimentar em escolas brasileiras públicas e privadas e desenvolveram-se indicadores-síntese de avaliação. Para a caracterização do primeiro, foram consideradas as variáveis: presença de cozinha em condições de uso, presença de refeitório em condições de uso, presença de horta, oferta de alimentação escolar, disponibilidade de água potável, presença de cantina e presença de ponto de venda alternativo na entrada ou no entorno da escola. No caso da existência desse último, avaliou-se a oferta de: 1) suco ou refresco natural de fruta; 2) frutas frescas ou salada de frutas; 3) bebidas adoçadas (incluindo refrigerante); 4) salgadinhos industrializados vendidos em pacotes; 5) biscoito ou bolachas salgados ou doces; e 6) balas, confeitos, doces e outros. Os resultados da caracterização mostraram que a oferta de alimentação escolar e a presença de cozinha em condições de uso foram predominantes nas escolas públicas, enquanto a presença de cantina foi mais frequente nas privadas. Os pontos alternativos de venda estavam mais presentes nas instituições públicas. A disponibilidade de frutas frescas e saladas de frutas foi significativamente mais frequente nas cantinas de escolas privadas quando comparadas às públicas, mas tal oferta foi igualmente baixa em pontos alternativos de venda de ambas as entidades. Por seu turno, suco/refresco natural de fruta e bebidas adoçadas foram itens disponíveis com maior frequência nas cantinas das escolas privadas e das públicas. Nos pontos alternativos de venda de instituições públicas, os insumos mais frequentemente comercializados foram bebidas adoçadas e salgadinhos de pacote, enquanto nas escolas privadas, foram balas, confeitos, doces e outros, bebidas adoçadas e salgadinhos de pacote. Ainda que as escolas públicas apresentem melhores índices quanto à qualidade do ambiente alimentar, em grande parte devido à alimentação escolar e à presença do Programa Nacional de Alimentação Escolar, a presença desses alimentos e seu alto consumo nas cantinas e pontos alternativos merecem atenção. Os autores discutem a importância de se conhecer o ambiente alimentar das escolas, já que a literatura aponta que a grande oferta de alimentos ultraprocessados em cantinas e entorno exerce forte influência sobre a chance de consumo deles pelos estudantes e reforçam a importância do incentivo à adoção de práticas e políticas promotoras da saúde no ambiente escolar.</p>
<p>Adesão à alimentação escolar e coocorrência dos marcadores de alimentação saudável e não saudável entre adolescentes brasileiros (Froelich et al., 2022)</p>	<p>Verificou-se, nesse estudo, a adesão de 67.881 estudantes de escolas públicas à alimentação escolar oferecida na escola via Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e sua relação com os marcadores de alimentação saudável (consumo de feijão, hortaliças e frutas) ou não saudável (consumo de salgadinhos fritos, refrigerantes e ultraprocessados). Observou-se que a alta adesão à alimentação escolar foi positivamente associada ao consumo regular de alimentos saudáveis e inversamente associada ao consumo regular de alimentos não saudáveis. Segundo os autores, esse dado reforça o papel do PNAE no incentivo a hábitos saudáveis. Os autores discutem, ainda, que a presença de cantinas e pontos alternativos de venda de alimentos no ambiente escolar está associada ao maior consumo de alimentos ultraprocessados entre adolescentes brasileiros e ao menor consumo da alimentação escolar fornecida pelo PNAE, sendo “alimentos competitivos”, o que gera uma barreira para hábitos alimentares saudáveis. Concluem que o ambiente alimentar escolar é capaz de influenciar o consumo fora da escola, proporcionando hábitos alimentares mais saudáveis.</p>

<p>Disponibilidade de equipamentos públicos de comércio no entorno de escolas públicas e consumo regular de frutas e hortaliças em adolescentes (Silva et al., 2022)</p>	<p>Esse estudo considerou a associação entre a presença de equipamentos públicos de venda de frutas e hortaliças com seu consumo regular por adolescentes de escolas públicas estaduais de Curitiba. Apesar de tal conexão não ter sido evidenciada, os autores apontam que a disponibilidade de comércios de frutas e hortaliças próximos às residências é um fator preditivo do consumo de vegetais. Observam ainda que as feiras podem não ser os espaços preferenciais para a aquisição de tais provimentos pelos adolescentes, que veem a alimentação saudável ligada à família, enquanto refeições rápidas, muitas vezes compostas por ultraprocessados, estão associadas ao prazer e ao convívio com amigos.</p>
<p>Trajetória de mudanças das práticas alimentares de estudantes de uma universidade pública brasileira (Perez et al., 2022)</p>	<p>Nesse estudo, foram analisadas as possíveis diferenças nas trajetórias alimentares de estudantes com base na assiduidade ao restaurante universitário (RU) de uma universidade pública brasileira. Os autores consideraram, como marcadores de rotina alimentar saudável, os hábitos de realizar almoço e jantar em cinco ou mais dias da semana e, como marcadores de rotina alimentar não saudável, os hábitos de substituir o almoço e o jantar por lanche. Para os marcadores de alimentação saudável, foi levado em conta o consumo alimentar de feijão e de hortaliças e frutas <i>in natura</i>, enquanto a não saudável considerou a ingestão de batata frita e/ou salgados fritos, hambúrguer e/ou embutidos, biscoitos e/ou salgadinhos “de pacote”, guloseimas e bebidas açucaradas. O estudo revelou que a proporção de estudantes que passou a substituir o jantar por lanche foi menor entre os usuários assíduos ao RU quando comparados aos não usuários, sendo que os primeiros tiveram mais chance de passar a almoçar e a jantar regularmente do que os segundos. Além disso, o grupo teve aumento do consumo de alimentos marcadores de alimentação saudável e diminuição do consumo de não saudáveis. Por fim, concluiu-se que, ainda que o RU possa contribuir para a promoção da alimentação saudável, são necessárias outras medidas a fim de aprimorar o ambiente alimentar, como: espaços para armazenamento, aquecimento e consumo de refeições trazidas de casa, regulação da venda e da publicidade de alimentos em estabelecimentos comerciais que funcionam dentro do câmpus e melhoria da qualidade do que é neles comercializado.</p>
<p>Marcadores de alimentação saudável entre adolescentes da rede municipal de ensino de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2019: estudo transversal (Domingues et al., 2023)</p>	<p>Nesse artigo, foram analisados os marcadores de alimentação saudável entre 797 estudantes da rede municipal de Pelotas. Os autores consideraram como marcadores de alimentação saudável o consumo de feijão, legumes e verduras, frutas frescas, saladas cruas e leite e derivados. Detectaram que apenas 2,8% dos participantes consumiram regularmente os cinco marcadores de alimentação saudável avaliados e que o consumo de alimentos saudáveis está associado a fatores comportamentais. A raça/cor da pele esteve associada ao maior consumo de feijão, enquanto a prática de atividade física ao maior consumo de leite, frutas, saladas cruas e vegetais cozidos. O hábito de tomar café da manhã foi vinculado ao maior consumo de feijão, leite e vegetais cozidos. Adolescentes que relataram realizar as refeições em frente às telas apresentaram frequência 30% menor de consumo regular de vegetais cozidos. Por meio da elaboração de um <i>score</i> de consumo de marcadores de alimentação saudável, detectou-se que este hábito foi maior entre adolescentes que praticavam atividade física, tomavam café da manhã e realizavam refeições acompanhados da família.</p>

PALAVRA-CHAVE: Cantina escolar**Adesão à alimentação escolar por adolescentes brasileiros: determinantes individuais e do contexto escolar (Vale et al., 2021)**

Os autores avaliaram, nesse estudo, a adesão à alimentação escolar por adolescentes brasileiros considerando determinantes individuais e do contexto escolar. Quanto ao consumo da alimentação escolar, detectou-se a prevalência de baixa adesão por 64,2% do público pesquisado. Os principais fatores de contexto escolar implicados para essa baixa adesão foram o porte da escola e a presença de cantina. Já os fatores determinantes de contexto individuais foram: sexo feminino, idade superior a 15 anos, consumo regular de refrigerantes, prática irregular de almoçar ou jantar com os responsáveis e menor número de moradores no domicílio do adolescente. Os autores evidenciam que a opção por alimentos comercializados nas cantinas em detrimento dos ofertados pela escola se associa ao maior consumo de processados e ultraprocessados, e este é um componente relevante no consumo alimentar dos adolescentes brasileiros. Além do tipo de alimento ofertado nas cantinas, que possuem um apelo maior na preferência de adolescentes, está envolvido também um *status* social na aquisição de itens nesses locais em prejuízo da alimentação escolar. Dessa forma, uma maior adesão à alimentação escolar depende de um conjunto de ações que incluem regulamentação e fiscalização, educação alimentar e nutricional como processo permanente de ensino e aprendizagem, estratégias para promoção da alimentação adequada e saudável nas escolas, regulamentação de propagandas, envolvimento de gestores e professores nos processos e práticas alimentares cardápios mais atrativos, e ainda ações que alcancem o contexto familiar.

PALAVRA-CHAVE: Alimentação na escola**Ambiente alimentar e excesso de peso em escolares: uma revisão sistemática sul-americana (Cardozo et al., 2022)**

Essa pesquisa identificou e compilou os achados de estudos observacionais que analisavam a relação de fatores do ambiente alimentar escolar e individuais de consumo na escola com excesso de peso em escolares da América do Sul no período de 2011 a 2021. Seis estudos evidenciavam que iniciativas de promoção da saúde na escola, como ambientes promotores da alimentação saudável, educação alimentar e nutricional no currículo escolar, monitoramento do estado nutricional e parcerias com o setor saúde, estavam associadas a menores prevalências de excesso de peso em comparação à implementação insatisfatória dessas ações nas instituições de ensino. Mereceu destaque o que relatava prevalência menor de obesidade em alunos de escolas que ofereciam refeições preparadas nas instalações em comparação com aquelas onde não havia oferta de refeições. Os escolares que frequentavam escolas brasileiras com baixa disponibilidade de recursos físicos mostraram maior probabilidade de apresentar excesso de peso. Estudos nacionais e regionais brasileiros relatavam que as crianças que compravam e consumiam alimentos vendidos na cantina da escola ou traziam alimentos de casa estavam mais propensas a ter excesso de peso do que as que consumiam alimentação escolar. Os autores discutem, a partir desses resultados, a importância da implementação de políticas e programas de educação e saúde com ênfase no monitoramento dos alimentos disponíveis no ambiente alimentar escolar para prevenção da obesidade infantil, bem como a atenção aos recursos físicos para alimentação nas escolas, ações de EAN, integração de toda a comunidade escolar e ações multiestratégicas voltadas à melhoria do ambiente alimentar escolar.

<p>Educação alimentar e nutricional: uma possibilidade de trabalho em equipe (Piassetzki; Boff; Anastácio, 2023)</p>	<p>Analizou-se, nesse artigo, um processo formativo na perspectiva do desenvolvimento de um trabalho em equipe que visava à Educação Alimentar e Nutricional de crianças de duas escolas públicas. Foram realizados encontros formativos com professores, auxiliares, diretores e funcionários a fim de aprofundar o debate acerca da temática, bem como de elaborar formas de planejamento da EAN nos currículos. Os autores perceberam que o “professor que pensa em conjunto com seus colegas e com outros sujeitos que possuem experiências diferentes pode se constituir em um profissional mais crítico” (Piassetzki; Boff; Anastácio, 2023, p. 4). Do estudo, emergiram três categorias a) alimentação escolar articulada aos conteúdos disciplinares; b) imitação como modo de aprendizagem; e c) formação de conceitos de EAN. Ainda que a pesquisa tenha focado na educação infantil, é importante destacar que um processo coletivo formativo contribui para a constituição de hábitos alimentares saudáveis, considerando a EAN constitutiva do currículo escolar, que o exemplo dos professores e a participação deles nos processos de ensino relacionados à alimentação impactam na aprendizagem dos alunos e que essas ações necessitam ser contínuas e de forma sempre compartilhada a fim de que se alcancem os objetivos, dentre eles o impacto real nos hábitos alimentares dos alunos. O artigo chama a atenção também para a influência da família nos hábitos alimentares das crianças, tanto positiva quanto negativamente, o que demonstra a importância de trabalhar em conjunto também nessa perspectiva.</p>
<p>Situação socioeconômica, tempo de tela e de permanência na escola e o consumo alimentar de crianças (Viola et al., 2023)</p>	<p>Esse estudo considerou a associação de fatores sociodemográficos e de estilo de vida com o consumo de alimentos <i>in natura</i> ou minimamente processados (INMP), alimentos ultraprocessados (AUP) e frutas e hortaliças a partir de uma amostragem composta por 403 crianças de quatro a sete anos do município de Viçosa. Identificou-se que a maioria das crianças apresentou tempo de tela maior que duas horas, tempo de brincadeiras ativas inferior a duas horas e que ficavam meio período na escola. Quanto ao consumo alimentar, 38% do valor energético total da dieta consumida era proveniente de AUP, 5% de alimentos processados e 46% de alimentos INMP. A ingestão média de frutas e hortaliças foi de 130,3 gramas. O estudo demonstrou que a situação socioeconômica e o tempo de tela e de permanência na escola estavam associados com o perfil da alimentação das crianças, de modo que aquelas com menor renda apresentaram menor consumo de AUP e maior consumo de alimentos INMP, enquanto o menor tempo de permanência na escola esteve relacionado ao maior consumo de AUP e menor consumo de alimentos INMP. Ainda, crianças com pais de menor escolaridade e expostas a maior tempo de tela consumiram menos frutas e hortaliças. As autoras discutem no artigo que a permanência na escola é fator favorável ao consumo de alimentos INMP e isso está associado às ações voltadas à alimentação escolar saudável e ao Programa Nacional de Alimentação Escolar, nas escolas públicas. Destacam também que sedentarismo, representado pelo maior tempo de tela, expõe as crianças à mídia e ao <i>marketing</i> agressivo da indústria de alimentos, interferindo no elevado consumo de ultraprocessados. Por fim, apesar de crianças em pior situação socioeconômica terem maior consumo de alimentos INMP, esse fato não é representado por maiores quantidades de frutas e hortaliças, o que pode estar relacionado ao custo elevado desses produtos, fazendo com que a alimentação se restrinja aos alimentos de cesta básica como arroz e feijão.</p>

PALAVRA-CHAVE: Cantinas saudáveis**Disponibilidade e consumo de ultraprocessados em escolas do Município de São Paulo, Brasil: resultados do SP-Proso (Leite et al., 2021)**

Nesse estudo, investigou-se a associação entre a presença de cantinas nas escolas e a disponibilidade de alimentos ultraprocessados nelas com o consumo desses alimentos entre adolescentes do 9º ano do Ensino Fundamental das redes pública e particular do município de São Paulo. Foram utilizados como marcadores de padrões de consumo alimentar não saudável os alimentos ultraprocessados: biscoitos ou bolachas industrializadas, salgadinhos de pacote, guloseimas, refrigerantes e outras bebidas açucaradas. Restou evidente a associação entre a presença de cantinas e a frequência de consumo de alimentos ultraprocessados na instituição de ensino. Detectou-se ainda que a venda desses alimentos nas cantinas aumenta o seu consumo, exceto para biscoitos ou bolachas, e que quanto maior a variedade de ultraprocessados disponíveis para venda nas cantinas, maior a frequência de consumo deles alimentos pelos adolescentes durante o período das aulas. O estudo não encontrou relação entre a ausência de refeitório estruturado, a presença de ponto alternativo de venda de alimentos, a existência de vendedor ambulante na porta da escola e a presença de propaganda de alimentos ultraprocessados com o comportamento alimentar dos adolescentes, o que reforça ainda mais a importância da cantina nessas escolhas alimentares. Os autores discutem que essas relações ajudam a compreender como o meio pode influenciar nas escolhas alimentares dos adolescentes e que o ambiente alimentar atua na modulação dos hábitos de consumo dos indivíduos nessa faixa etária. Diante disso, é importante ter regulamentações sobre quais alimentos podem ou não ser comercializados no ambiente escolar e, de mesmo modo, é fundamental que esses documentos estejam vinculados a programas e políticas que facilitem o acesso aos alimentos saudáveis.

Quadro 1 – Destaques dos artigos encontrados na revisão bibliográfica

Fonte: elaborado pelos(as) autores(as), com base em dados da pesquisa (2025).

Diante do que foi destacado em cada um dos estudos, percebeu-se que cinco deles (Froelich *et al.*, 2022; Souza *et al.*, 2021; Vale *et al.*, 2021; Viola *et al.*, 2023) associaram a adesão de estudantes à alimentação escolar fornecida pelas escolas públicas (relacionada aos princípios e às diretrizes do Programa Nacional de Alimentação Escolar) ao consumo alimentar mais saudável, uma vez que esses alunos se mostraram mais consumidores de mais alimentos *in natura* e minimamente processados, frutas e hortaliças e menos alimentos ultraprocessados, como bebidas adoçadas, salgadinhos de pacote, balas, confeitos, doces e outros. Cardozo *et al.* (2022) indicaram, ainda, uma menor prevalência de indivíduos portadores de obesidade em escolas que ofereciam refeições preparadas nas instalações em comparação com aquelas onde não havia oferta delas.

No estudo de Perez *et al.* (2022), constatou-se também que os usuários assíduos ao restaurante universitário tiveram mais chance de passar a almoçar e a jantar regularmente e menor chance de trocar essas refeições por lanches, apresentando melhores marcadores de rotina alimentar

saudável quando comparados aos não usuários. Além disso, notou-se aumento do consumo de alimentos marcadores de alimentação saudável e diminuição do consumo de não saudáveis.

Os artigos de Froelich *et al.* (2022) e Vale *et al.* (2021) vincularam a presença de cantinas e pontos alternativos de venda de alimentos no ambiente escolar ao maior consumo de alimentos ultraprocessados e a uma menor adesão à alimentação escolar, de modo a evidenciarem que esses produtos se tornam competitivos à alimentação escolar pensada a partir de princípios de uma alimentação mais saudável. Nessa perspectiva, as cantinas e os pontos alternativos de venda são considerados barreiras para a criação de hábitos saudáveis entre os estudantes ().

Cardozo *et al.* (2022) detectaram que as crianças que compravam e consumiam alimentos vendidos na cantina da escola ou que traziam alimentos de casa estavam mais propensas a ter excesso de peso do que as que ingeriam alimentação escolar. Por sua vez, Henriques *et al.* (2021) constataram que a comercialização de alimentos ultraprocessados no entorno das escolas pesquisadas foi superior a 65%, sendo o maior percentual de guloseimas (balas, chicletes, bombons e chocolates), biscoitos (salgados e doces), picolés, bebidas industrializadas e refrigerantes. Souza *et al.* (2021) corroboraram os dados dessa predominância e apontaram ainda que a disponibilidade de frutas frescas e saladas de frutas, ambos marcadores de alimentos saudáveis, foi baixa nesses estabelecimentos. Leite *et al.* (2021) complementaram que quanto maior a variedade de ultraprocessados disponíveis à venda nas cantinas, maior a frequência de consumo desses produtos pelos adolescentes durante o período das aulas.

Já Domingues *et al.* (2023) verificaram que o consumo de alimentos saudáveis está associado a fatores comportamentais, como a prática de atividade física e o hábito de tomar café da manhã e de realizar as refeições na companhia da família. Adolescentes que relataram fazer as refeições em frente às telas apresentaram frequência 30% menor de consumo regular de vegetais cozidos. Vale *et al.* (2021) apontaram que o consumo regular de refrigerantes, a prática irregular de almoçar ou jantar com os responsáveis e o menor número de moradores no domicílio do adolescente influenciaram na baixa adesão à alimentação escolar e, consequentemente, em marcadores de alimentação saudável.

Viola *et al.* (2023) demonstraram que a situação socioeconômica, o tempo de tela e o tempo de permanência na escola estavam associados com o perfil de alimentação das crianças, de modo que as com menor renda apresentaram menor consumo de alimentos ultraprocessados e maior consumo de alimentos *in natura* ou minimamente processados. O menor tempo de permanência na escola foi vinculado ao maior consumo de alimentos ultraprocessados e ao menor consumo de alimentos *in natura* ou minimamente processados. Restou evidente também que crianças com pais de menor escolaridade e que possuíam maior tempo de tela consumiram menos frutas e hortaliças.

Silva et al. (2022), a respeito do comportamento de adolescentes, discutiram que a alimentação saudável está mais ligada à família, enquanto refeições rápidas, muitas vezes compostas por ultraprocessados, estão associadas ao prazer e ao convívio com amigos, e, por isso, esses alimentos estão muito presentes nas escolas. Vale et al. (2021) também constataram que o tipo de alimento ofertado nas cantinas das instituições de ensino possui apelo maior na preferência de adolescentes e a aquisição dele está envolvido com um status social em detrimento da alimentação escolar, a qual muitas vezes é vista como voltada para pessoas de renda baixa.

Dez dos estudos encontrados reconheceram que o ambiente alimentar escolar é capaz de influenciar o consumo alimentar fora da escola e consequentemente proporcionar hábitos alimentares mais saudáveis. Desse modo, torna-se claro que são necessárias atitudes de intervenção nesses locais que incluam maior atenção a diversos aspectos, tais como: às cantinas e aos pontos alternativos de venda de alimentos, sejam estes dentro ou nos arredores da escola; à grande oferta de alimentos ultraprocessados, bem como à sua publicidade dentro do ambiente escolar; aos espaços da escola destinados à alimentação e ao compartilhamento de refeições com equipamentos e estrutura adequados; ao estímulo a comportamentos alimentares mais saudáveis, como fazer refeições em companhia, longe das telas e não trocar refeições principais por lanches; ao estímulo ao consumo de alimentos *in natura* e minimamente processados a partir de práticas educativas; à adoção de políticas promotoras de saúde; ao envolvimento de toda a comunidade, inclusive de gestores e professores e das famílias, e à valorização do Programa Nacional de Alimentação Escolar.

Para Perez et al. (2022), é necessário, ainda, dar relevância aos espaços para armazenamento, aquecimento e consumo de refeições trazidas de casa, à regulação da venda e da publicidade de alimentos em estabelecimentos comerciais que funcionam dentro das escolas, e à melhoria da qualidade dos alimentos comercializados. Lopes et al. (2021) apontaram a importância de estratégias intersetoriais, do controle de propagandas que estimulam o consumo de alimentos pouco saudáveis e de maior disseminação dos benefícios da alimentação entre os adolescentes.

Henriques et al. (2021) trouxeram as medidas regulatórias e estratégias educativas, a exemplo da capacitação de cantineiros e ações contínuas de EAN, integradas ao projeto pedagógico das escolas e a atividades que despertem a reflexão dos participantes. Souza et al. (2021) destacaram o incentivo à adoção de práticas e políticas promotoras da saúde no ambiente escolar.

Sendo assim, compreende-se que os apontamentos dos autores trazem à tona a importância de que os espaços do ambiente escolar, para além das salas de aula, precisam ser levados em consideração no planejamento e no desenvolvimento de estratégias e ações educativas, pois eles também são importantes espaços em que se desenvolve o processo de aprendizagem.

Nessa seara, Vale et al. (2021) salientaram a relevância da regulamentação e da fiscalização, da EAN como processo permanente de ensino e aprendizagem e de estratégias para promoção da alimentação adequada e saudável nas escolas, bem como a necessidade de regulamentação de propagandas, a importância do envolvimento de gestores e professores nos processos, nas práticas alimentares, na elaboração de cardápios mais atrativos e nas ações que alcancem o contexto familiar.

Piasetzki, Boff e Anastácio (2023) destacaram que um processo coletivo formativo contribui para a constituição de hábitos alimentares saudáveis, considerando a EAN constitutiva do currículo escolar e o exemplo e a participação dos professores nos processos de ensino relacionados à alimentação. Esses aspectos impactam na aprendizagem dos alunos e tais ações necessitam ser contínuas e de forma sempre compartilhada a fim de que se alcancem os objetivos, dentre eles o impacto real nos hábitos alimentares dos alunos.

Cardozo et al. (2022) ressaltaram as iniciativas de promoção da saúde na escola enquanto promotoras da alimentação saudável, a EAN no currículo escolar, o monitoramento do estado nutricional e parcerias com o setor da saúde, o monitoramento dos alimentos disponíveis no ambiente alimentar escolar para a prevenção da obesidade infantil e as ações multiestratégicas voltadas à melhoria desse ambiente.

Por fim, Leite et al. (2021) salientaram a importância da regulamentação sobre quais alimentos podem ou não ser comercializados no ambiente escolar e a necessidade de isso estar relacionado a programas e políticas que facilitem o acesso aos alimentos saudáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto, notou-se que as instituições de educação, especialmente as que possuem a formação humana integral bem definida em seus princípios, devem ser ambientes que promovam a alimentação saudável tanto nas atividades de ensino em sala de aula, quanto nos outros espaços educacionais, que também são formativos, tomando a EAN como importante ferramenta para tal.

Concluiu-se que a temática da alimentação saudável nos ambientes educacionais precisa ser trabalhada nas dinâmicas e nas rotinas, de modo a envolver diversos setores, grupos, profissionais, espaços e práticas, com o objetivo de proporcionar aos educandos possibilidades de melhores escolhas, seja nos ambientes de alimentação institucionais, seja fora da instituição de educação, com o intuito de que eles desenvolvam hábitos mais saudáveis em todas as dimensões da vida e como estratégia ao enfrentamento da insegurança alimentar e nutricional e ao aumento das doenças crônicas não transmissíveis postas à sociedade.

Restou evidente, por fim, a essencialidade de os princípios e as diretrizes da PNAN (Brasil, 2013) e do *Guia alimentar para a população brasileira* (Brasil, 2014) servirem de fato como referências para as ações voltadas à promoção da saúde por meio da alimentação saudável e para nortear práticas educativas que favoreçam ambientes educacionais mais saudáveis.

6 REFERÊNCIAS

BEZERRA, J. A. B. *Educação alimentar e nutricional: articulação de saberes*. Fortaleza: Edições UFC, 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Ministério Público. *Recomendação n.º 67, de 13 de novembro de 2018*. Dispõe sobre a necessidade de conferir prioridade para ações de prevenção e combate da obesidade infantil e promoção da alimentação saudável e do aleitamento materno. Brasília, DF: Conselho Nacional do Ministério Público, 2018. Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Recomendacoes/Recomendao-67.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, [2024]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 27 jun. 2023.

BRASIL. *Lei n.º 11.346 de 15 de setembro 2006*. Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm. Acesso em 27 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2 ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/publicacoes-para-promocao-a-saude/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf/view. Acesso em 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Política Nacional de Alimentação e Nutrição*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saps/pnan>. Acesso em 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Situação Alimentar e Nutricional no Brasil: excesso de peso e obesidade da população adulta na Atenção Primária à Saúde*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/atlas_situacao_alimentar_nutricional_populacao_adulta.pdf. Acesso em 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. *Marco de referência de educação alimentar e nutricional para as políticas públicas*. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2012. Disponível em: https://cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/marco_EAN.pdf. Acesso em 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação. *Escala Brasileira de Insegurança Alimentar - EBIA: análise psicométrica de uma dimensão da Segurança Alimentar e Nutricional*. Estudo Técnico. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2014.

BURLANDY, L.; CASTRO, I. R. R.; RECINE, R.; CARVALHO, C. M. P.; PERES, J. Reflexões sobre ideias e disputas no contexto da promoção da alimentação saudável. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 37, 2021. Disponível em: <https://cadernos.ensp.fiocruz.br/ojs/index.php/csp/article/view/7645/17069>. Acesso em: 30 jun. 2023.

CARDOZO, N. O.; CRISP, A. H.; FERNANDES, A. C. P.; TRUDE, A. C. B.; ARANEDA-FLORES, J.; OLIVEIRA, M. R. M. Ambiente alimentar e excesso de peso em escolares: uma revisão sistemática sul-americana. *Revista Panamericana de Salud Publica*, São Paulo, n. 46, 2022. Disponível em: <https://iris.paho.org/server/api/core/bitstreams/57b54cb3-bdb8-4cfb-b5c7-7872ef4e65ad/content>. Acesso em: 23 jun. 2023.

DOMINGUES, J. G.; SANTOS, F. S.; KAUFMANN, C. C.; MUNIZ, L. C.; BIELEMANN, R. M.; MINTEM, G. C. Marcadores de alimentação saudável entre adolescentes da rede municipal de ensino de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2019: estudo transversal. *Epidemiologia e serviços de saúde*, Brasília, v. 32, n. 2, 2023. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v32n2/pt_2237-9622-ess-32-02-e2022964.pdf. Acesso em: 24 jun. 2023.

FREIRE, P. *Educação e mudança*. 31. ed. Tradução de Moacir Gadotti e Lilian Lopes Martin. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2008.

FROELICH, M.; SOUZA, B. S. N.; ANDRADE, A. C. S.; RODRIGUES, P. R. M.; CUNHA, D. B.; MURARO, A. P. Adesão à alimentação escolar e coocorrência dos marcadores de alimentação saudável e não saudável entre adolescentes brasileiros. *Ciência & Saúde Coletiva*, São Paulo, v. 28, n. 7, p. 1927-1936, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2023.v28n7/1927-1936/pt/>. Acesso em: 30 jul. 2023.

GUERRA, L. D. S. ComiDHAA de verdade para todos: desafios para a efetivação do direito humano à alimentação adequada no cenário de crises no Brasil. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 31, n. 2, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/sausoc/2022.v31n2/e210370pt/>. Acesso em: 23 jun. 2023.

HENRIQUES, P.; ALVARENGA, C. R. T.; FERREIRA, D. M.; DIAS, P. C.; SOARES, D. S. B.; BARBOSA, R. M. S.; BURLANDY, L. Ambiente alimentar do entorno de escolas públicas e privadas: oportunidade ou desafio para alimentação saudável? *Ciência & Saúde Coletiva*, São Paulo, v. 26, n. 8, p. 3135-3145, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2021.v26n8/3135-3145/>. Acesso em: 24 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR (org.). *A sindemia global da obesidade, desnutrição e mudanças climáticas – relatório da Comissão The Lancet*. São Paulo, SP: Idec, 2019. Disponível em: https://alimentandopoliticas.org.br/wp-content/uploads/2019/08/idec-the_lancet-sumario_executivo-baixa.pdf. Acesso em: 27 jun. 2023.

LEÃO, M. M.; RECINE, E. O direito humano à alimentação adequada. In: TADDEI, J. A.; LANG, R. M. F.; SILVA, G (org.). *Nutrição em Saúde Pública*. São Paulo: Rubio, 2011. p. 471-488.

LEITE, M. A.; AZEREDO, C. M.; PEREZ, M. F. T.; ESCUDER, M. M. L.; LEVY, R. B. Disponibilidade e consumo de ultraprocessados em escolas do Município de São Paulo, Brasil: resultados do SP-Proso. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 37, fev. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csp/2021.v37suppl1/e00162920/>. Acesso em: 24 jun. 2023.

LOPES, J. R.; FONSECA, A. D. G.; BARBOSA, I. A.; BRITO, M. F. S. R.; PINHO, L.; SILVA, C. S. O. Adequação a uma alimentação saudável em adolescentes escolares e perfil bioquímico associado. *Cadernos de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 3, p. 301-313, jul.-set. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadsc/a/c8sMzR89VdPQ89kNG8N3TGs/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 26 jun. 2023.

PEREIRA, T. N.; GOMES, F. S.; CARVALHO, C. M. P.; MARTINS, A. P. B.; DURAN, A. C. F. L.; HASSAN, B. K.; CRUZ, J. I.; MAIS, L. A.; FERRAZ, M. A.; MIALON, M.; JONHS, P.; BANDEIRA, L. M. Medidas regulatórias de proteção da alimentação adequada e saudável no Brasil: uma análise de 20 anos. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 37, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/y4DjrLsNrNCKJLxw4zmWRs/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 25 jun. 2023.

PEREZ, P. M. P.; CASTRO, I. R. R.; FRANCO, A. S. Trajetória de mudanças das práticas alimentares de estudantes de uma universidade pública brasileira. *Ciência & Saúde Coletiva*, São Paulo, v. 27, n. 7, p. 2789-2803, jul. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/Dx8mzjbbK4nbkWBCxpmYXrm/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 24 jun. 2023.

PIASETZKI, C. T. R.; BOFF, E. T. O.; ANASTÁCIO, Z. F. C. Educação alimentar e nutricional: uma possibilidade de trabalho em equipe. *Revista Portuguesa de Educação*, Braga, v. 36, n. 1, jan.-jun. 2023. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rpe/article/view/26059/22315>. Acesso em: 30 jun. 2023.

REDE BRASILEIRA DE PESQUISA EM SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR – PENSSAN. *II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil: II VIGISAN*. São Paulo: Fundação Friedrich Ebert, 2022. Disponível em: https://fcna.abras.com.br/downloads/arq/Inseguranca_Alimentar_no_Brasil_Rede_PENSSAN.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

SILVA, A. D. C.; MACHADO, C. O.; SILVA, A. R.; HÖFELMANN, D. A. Disponibilidade de equipamentos públicos de comércio no entorno de escolas públicas e consumo regular de frutas e hortaliças em adolescentes. *Revista Paulista de Pediatria*, São Paulo, v. 40, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rpp/a/7hgGywP9ntBYMRNgFKgqHFK/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SOUZA, L. B. O.; AZEVEDO, A. B. C.; BANDONI, D. H.; CANELLA, D. S. Características do ambiente escolar relativas à alimentação e atividade física: PeNSE 2015. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, n. 55, p.115, 2021.

VALE, D.; LYRA, C. O.; SANTOS, T. T.; SOUZA, C. V. S.; RONCALLI, A. G. Adesão à alimentação escolar por adolescentes brasileiros: determinantes individuais e do contexto escolar. *Ciência & Saúde Coletiva*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 637-650, fev. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/4wdxLvpcx4dpXKVvfv9Ly3G/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2023.



VALENTE, F. L. S. *Direito Humano à Alimentação: desafios e conquistas*. Campina Grande, PB: EDUEPB, 2021.

VIOLA, P. C. A. F.; RIBEIRO, S. A. V.; CARVALHO, R. R. S.; ANDREOLI, C. S.; NOVAES, J. F.; PRIORE, S. E.; CARVALHO, C. A.; FRANCESCHINI, S. C. C. Situação socioeconômica, tempo de tela e de permanência na escola e o consumo alimentar de crianças. *Ciência & Saúde Coletiva*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 257-267, jan. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2023.v28n1/257-267/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

ZIEGLER, J. Relatório do Relator Especial sobre o direito à alimentação. Comissão de Direitos Humanos das Nações Unidas. Genebra: Organização das Nações Unidas, 2002. Documento E/CN.4/2002/58.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Introdução ou Considerações iniciais:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Referencial teórico:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Metodologia:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Análise de dados:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Discussão dos resultados:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Conclusão ou Considerações finais:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Referências:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Revisão do manuscrito:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos; **Aprovação da versão final publicada:** Renata David de Moraes; Dayanna Pereira dos Santos.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 18 de setembro de 2024.

Aprovado: 8 de abril de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

MORAES, Renata David de; SANTOS, Dayanna Pereira dos. Uma revisão bibliográfica sobre a alimentação e suas dimensões nos ambientes educacionais. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 40-62, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Dr. Adriano de Melo Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Effect of different mineral additions on colored self-compacting micro concrete produced with residual sand

Efeito de diferentes adições minerais em microconcretos autoadensáveis coloridos produzidos com areia residual

Efecto de diferentes adiciones minerales sobre el microhormigón autocompactante coloreado elaborado con arena residual

ANDRESSA DE ANDRADE TASSI¹

EDGAR BACARJI²

OSWALDO CASCUDO MATOS³

RESUMO

O microconcreto autoadensável difere do concreto plástico tradicional porque elimina os agregados graúdos e apresenta alta fluidez e estabilidade no estado fresco. Sua utilização, aliada ao aproveitamento de resíduos, agrega valor técnico, econômico e ambiental. Além disso, amplia o espectro de aplicações do concreto Portland. O presente trabalho avaliou os efeitos da incorporação de diferentes adições minerais em microconcretos autoadensáveis coloridos, produzidos com areia artificial proveniente de britagem de rochas. Foram definidas três proporções de ligante: agregado, em massa, quais sejam: 1:3,0, 1:4,5 e 1: 5,5. Como adições, foram utilizados um pigmento inorgânico de coloração amarela e dois materiais cimentícios suplementares de natureza pozolânica: sílica ativa e nanossílica. Em seguida, foram avaliadas propriedades no estado fresco, como fluidez, viscosidade plástica e segregação. No estado endurecido, foram analisados as resistências à compressão, à tração e o módulo de elasticidade. As adições minerais implicam em alterações reológicas nas misturas, produzindo geralmente aumento da viscosidade e redução da segregação, além de se destacarem em termos de aumento da resistência mecânica. As misturas híbridas compostas por pigmento, sílica ativa e nanossílica, misturas quaternárias com cimento obtiveram os melhores resultados em termos de desempenho mecânico, apresentando sinergia significativa devido ao uso combinado desses materiais.

Palavras-chave: microconcreto autoadensável; areia artificial; pigmento; sílica ativa; nano-sílica.

ABSTRACT

Self-compacting micro concrete differs from traditional plastic concrete in that it eliminates coarse aggregate and has high fluidity and stability in the fresh state. Its use, combined with the use of waste, adds technical, economic, and environmental value. In addition, it expands the spectrum of applications of Portland concrete. The present work evaluated the effects of the incorporation of different mineral additions in colored self-compacting micro concrete, produced with artificial sand from rock crushing. Three binder: aggregate proportions (by mass) were used: 1:3.0, 1:4.5, and 1:5.5. As additions, a yellow-colored inorganic pigment and two supplementary cementitious materials of pozzolanic nature were used: silica fume and nanosilica. Then, properties were evaluated in the fresh state, such as fluidity, plastic visco-

1 Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2567-4100>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1474526074064963>. E-mail: andressatassi@hotmail.com.

2 Universidade Federal de Goiás (UFG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2954-2260>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2385473000869120>. E-mail: edgar@ufg.br.

3 Universidade Federal de Goiás (UFG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1879-6396>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3336749062812376>. E-mail: ocascudo@ufg.br.

sity, and segregation. In the hardened state, compressive, tensile strengths, and modulus of elasticity were analyzed. Mineral additions implied rheological changes in the mixtures, in general producing an increase in viscosity and a reduction in segregation, as well as being outstanding in terms of increased mechanical strength. The hybrid mixtures composed of pigment, silica fume, and nanosilica, quaternary mixtures with cement, obtained the best results in terms of mechanical performance, showing significant synergy due to the combined use of these materials.

Keywords: self-compacting micro concrete; crushing sand; pigment; silica fume; nanosilica.

RESUMEN

El micro hormigón autocompactante se diferencia del hormigón plástico tradicional porque elimina los áridos gruesos y presenta una alta fluidez y estabilidad en estado fresco. Su utilización, combinada con el aprovechamiento de residuos, añade valor técnico, económico y ambiental. Además, amplía el espectro de aplicaciones del hormigón Portland. Este estudio evaluó los efectos de incorporar diferentes adiciones minerales en micro hormigones autocompactantes coloreados producidos con arena artificial a partir de rocas trituradas. En el estudio se utilizaron tres proporciones de aglomerante: agregado (por masa): 1:3.0, 1:4.5 y 1:5.5. Como añadidos se utilizaron un pigmento inorgánico de color amarillo y dos materiales cementantes suplementarios de naturaleza puzolánica: humo de sílice y nanosílice. Luego, se evaluaron propiedades en estado fresco, como la fluidez, la viscosidad plástica y la segregación. En estado endurecido se analizaron las resistencias a la compresión y a la tracción, así como el módulo de elasticidad. Las adiciones minerales implican cambios reológicos en las mezclas, produciendo generalmente un aumento de la viscosidad y una reducción de la segregación, además de destacarse en términos de aumento de la resistencia mecánica. Las mezclas híbridas compuestas de pigmento, sílice activa y nano-sílice, y mezclas cuaternarias con cemento, obtuvieron los mejores resultados en términos de desempeño mecánico, presentando una sinergia significativa debido al uso combinado de estos materiales.

Palabras clave: micro hormigón autocompactante; arena triturada; pigmento. humo de sílice; nano-sílice.

1 INTRODUCTION

With the developments in society, mainly in the construction industry, there has been a huge growth in the demand for sand in many countries (Cai *et al.*, 2021). The extraction of natural sand from riverbeds is responsible for adverse environmental impacts, since it causes both the removal of vegetation cover and the alteration of the watercourse, in addition to other harmful environmental effects (Barbosa; Coura, Mendes, 2008). On the other hand, during the rock fragmentation process up to the required dimensions, a certain percentage of the total material is produced with smaller dimensions than those corresponding to the range of the coarse aggregate. Such a fraction, called artificial sand in some Brazilian regions or simply crushing sand, is considered a residue of the rocks' comminution process, being stored in piles in quarry yards. Considering that crushing sand is a residue that generates a significant environmental liability, considering that the deposits of natural sand are increasingly scarce, with its exploitation causing the degradation of the environment, frequent studies have been conducted on mortars and concrete in which the replacement of natural sand by crushing sand is promoted (Vijayalakshmi; Sekar; Prabhu, 2013; Ingalkar; Harle, 2017; Tokarski; Matoski; Cechin; Weber, 2018; Nguyen; Nguyen; Lam, 2022). The replacement of this

traditional material with residual material demonstrates the potential of the artificial sand and the feasibility of its use, contributing to ecological preservation, and becoming an economically attractive and environmentally more appropriate alternative (Mundra, *et al.*, 2016).

With the advancement of the civil construction industry, new needs have emerged in this professional engineering market. Although conventional concrete with plastic consistency, traditionally made with natural sand and crushed stone, already meets a wide range of market demands, there are increasing alternatives in terms of special concretes (such as micro concrete, for example) with specific characteristics to meet design and construction requirements, thus contributing to a better overall performance of the concrete structural system. Micro concrete differs from conventional standard concrete by eliminating the coarse aggregate, thus allowing the production of slender elements, with potential emphasis on prefabricated components. This special concrete can also be applied in smaller constructions and in lightweight precast components used in traditional construction, often with lower structural responsibility, and even in non-structural applications, such as the manufacture of partition components or prefabricated panels. An additional application of micro concrete is in the field of structural repair and strengthening (KadamSingh, Li, 2014; Jonbi *et al.*, 2018). The maximum nominal size of aggregates for micro concrete may vary according to the intended application or research purpose. However, since the total aggregates have a greater specific surface area, the volume of paste required to coat the aggregates is larger (compared to conventional plastic concretes), which generally leads to more plastic mixtures with greater workability (Felekoğlu, 2007).

Generally, micro concrete is composed of Portland cement, fine aggregates duly characterized, certain content of gravel (fraction below the zone $d/D = 4.75/12.5$ but above the sand) and admixtures that control the behavior of the material in the plastic state, due to the low water/cement ratio and the amount of fine materials (Silva; Bacarji; Cascudo, 2019; Campos, 2017). If, among several rheological requirements, the goal is to design a material that exhibits high fluidity combined with a self-compacting profile without segregation, it evolves into a self-compacting micro concrete (Tutikian, Dal Molin; Cremonini, 2008). One of the main challenges in producing these concretes lies in controlling their properties, especially regarding water bleeding and aggregate segregation. One possible way to control these phenomena is through the addition of fine materials to the mixture, such as silica fume and nanosilica. The surface exposure of these ultrafine particles, at the micro and nanoscale, provides surface area for interaction with the mixing water molecules (enhancing the physical adsorption of polar water molecules onto the particle surface), which improves cohesion in the plastic state, modifies viscosity, and reduces segregation and bleeding (Oliveira; Oliveira; Cascudo, 2019). In this sense, the proper selection of materials and the correct proportioning of the mix constituents are essential to achieve an adequate rheological composition of the concrete.

In the hardened state, the interactions of the mineral additions in the cementitious matrix modify the microstructural characteristics and, consequently, the properties of the concrete and the overall performance of the structural system under service conditions. The influence of silica fume on the internal structure of concrete is well known (Oliveira; Cascudo, 2018; Cascudo *et al.*, 2020) and occurs based on two main effects: a chemical effect, of pozzolanic nature, and a physical effect, the so-called filler effect. Pozzolanic reactions occur due to the chemical interaction between amorphous silica (SiO_2), the main constituent of silica fume, and calcium hydroxide [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] produced by cement hydration (specifically from the reactions of the two types of calcium silicate in anhydrous cement – C_3S and $\beta\text{C}_2\text{S}$). This interaction results in additional formation of calcium silicate hydrate (C–S–H), a compound that positively alters the pore structure, making the cement paste denser, more homogeneous, and more compact. The filler effect occurs due to the small size of the silica fume particles, which fill the voids in the concrete, improving particle packing and cohesion, and acting as nucleation sites (Oertel *et al.*, 2014; Isaia; Gastaldini; Moraes, 2003). The addition of silica fume leads to a more homogeneous distribution of hydration products, making the concrete less permeable and, consequently, more durable. Moreover, the reduction of voids and the improvement of the microstructure increase the compressive strength (Rezaei-Ochbelagh; Azimkhani; Mosavinejad, 2012). In general, partial replacement of cement with silica fume in the range of 8% to 12% (by mass) produces very satisfactory results in terms of microstructure and mechanical strength improvement (Wongkeo Thongsanitgarn; Chaipanich, 2012). It is important to note, however, that the optimal amount of silica fume depends on its characteristics as a supplementary cementitious material—particularly its fineness and pozzolanic activity—as well as the concrete mix design and property requirements. These variables may justify contents slightly higher than 12% or lower than 8%, but this range is commonly used.

Nanometer-sized silica particles are called nanosilica. These nanoparticles can accelerate cement hydration by nucleation, due to their high fineness. Additionally, their high reactivity and, therefore, greater capacity for pozzolanic interaction with calcium hydroxide promote faster kinetics in the formation of calcium silicate hydrate (C–S–H), making this effect more pronounced than that of silica fume alone. Nanosilica particles consume calcium hydroxide crystals (CH), reduce their orientation and size, and improve the paste–aggregate interface. As a result, greater densification of the cement matrix is achieved and, consequently, higher strength and durability of pastes, mortars, or concretes (Madandoust *et al.*, 2015). Usually, the combined action of silica fume, and nanosilica generates the most significant results in improving the microstructure of concrete, since it produces important synergistic effects (Oliveira; Oliveira; Cascudo, 2019).

Among the additions used for concretes with special characteristics, pigments are employed for the permanent coloring of mortars, concrete pavers, concrete tiles, and precast concrete products (Lee; Lee; Yu, 2003). It is known that colored concrete can be obtained using additions such as marble powder combined with inorganic pigments. The addition of pigments can increase or decrease mechanical properties and durability, depending on their proportions (Uysal, 2018). It is also necessary to consider the physical properties of pigments in cement composites, since their addition changes the consistency of the mixture, generally modifying the rheological behavior of the concrete. The variations in specific surface area among pigments depend on particle size and shape. The yellow pigment has acicular (needle-shaped) particles, unlike other pigments such as green and red, whose particles have more spherical geometries (Jang; Kang; So, 2014).

Thus, although there is already research on the effects of the mentioned materials on the properties of self-compacting concrete, there is a lack of studies on micro concrete, especially those made exclusively with crushed sand. There is also a lack of studies evaluating the combined effects of these additions and verifying the synergy of these materials when they present different granulometries and effects. These are the gaps that the present research intends to address. The results presented here contribute to the current state of the art, as they apply known methodologies to a material such as micro concrete that can replace conventional concrete in specific situations, such as those involving a high concentration of reinforcing bars.

The decision to use yellow pigment was based on its frequent application in colored concrete, thus expanding the range of potential uses of the material within the field of special pigmented concretes. The other additions (silica fume and nanosilica) were selected because they are pozzolans known to effectively modify the microstructure of concrete and, additionally, to influence rheological behavior, given the different orders of magnitude of their particle sizes, with dimensions in the micro- and nanoscale. Therefore, the importance of this study lies in the fact that the behavior of self-compacting micro concrete with the proposed materials is still not well known by the academic and technical community. This study is also of greater relevance because it considers three different proportions between binders and aggregates, covering distinct possibilities of material application.

The general objective of this work was to evaluate the effects of yellow pigment, silica fume, and nanosilica on the properties of self-compacting micro concrete, produced with crushed sand in three proportions between binders and aggregates. The properties in the fresh and hardened state were evaluated. Specifically, the individual effects of the yellow pigment and silica fume were analyzed, as well as the combined effects of pigment and silica fume, and of pigment, silica fume, and nanosilica. As a last objective, the paper proposed to discuss a technically and environmentally

correct destination for the crushed sand, which remains in companies' yards. Among the properties evaluated to meet these objectives, this study considered the basic requirements for self-compacting micro concrete in the fresh state, as well as the mechanical and elastic properties of the hardened concrete (compressive and tensile strength and modulus of elasticity).

The hypotheses were that the combined effects result in improved material properties compared to the individual effects, and that such effects differ depending on the proportions adopted between binders and aggregates.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials constituting the mixtures

Cement

The cement used to produce the mixtures was white Portland cement - CPB-40, with a Blaine specific area equal to 515.7 m²/kg and a specific mass of 3,110 kg/m³. The chemical composition results of the cement used are shown in Table 1.

Determined Properties		Results (%)	Limits of NBR 16697 (ABNT, 2018) (%)
Chemical Composition	Loss to fire	2.85	< 12.0
	Insoluble residue	0.31	< 3.5
	Sulfur trioxide (SO ₃)	4.16	< 4.5
	Magnesium oxide (MgO)	0.72	< 6.50
	Silicon dioxide (SiO ₂)	21.48	-----
	Iron oxide (Fe ₂ O ₃)	0.2	-----
	Aluminum oxide (Al ₂ O ₃)	4.6	-----
	Calcium oxide (CaO)	65.18	-----
	Free calcium oxide (CaO)	2.23	-----
Total Alkalis	Sodium oxide (Na ₂ O)	0.13	-----
	Potassium oxide (K ₂ O)	0.14	-----
	Alkaline equivalent	0.22	-----

Table 1 – Chemical composition of CPB-40 Portland cement used in the research.

Source: Furnas Centrais Elétricas (2024).

Supplementary additions

As additions, silica fume and suspension nanosilica (stabilized nanosilica, already contained in superplasticizer “A”) were used. The silica fume presented a specific mass equal to 2,280 kg/m³ and a diameter d₅₀ of 0.42 µm. The nanosilica presented a diameter varying between 0.01 µm and 1.0 µm according to the manufacturer’s specification.

Yellow pigment

The pigment used was iron oxide, whose chemical characterization is shown in Table 2.

Chemical Constituents (%)	Determined Properties		
	Specific Mass (g/cm ³)		3.99
	Loss to fire (%)		11.53
	Insoluble residue (%)		90.4
	Sulfur trioxide (SO ₃) (%)		0.78
	Magnesium oxide (MgO) (%)		1.15
	Silicon dioxide (SiO ₂) (%)		0.23
	Iron oxide (Fe ₂ O ₃) (%)		86.39
	Aluminum oxide (Al ₂ O ₃) (%)		0.20
	Calcium oxide (CaO) (%)		0.11
	Alkalis Totals	Sodium oxide (Na ₂ O) (%)	0.14
		Potassium oxide (K ₂ O) (%)	0.02
		Alkaline equivalent (%)	0.04

Table 2 – Chemical composition of the pigment (iron oxide) used in the research.

Source: Furnas Centrais Elétricas (2024).

The Scanning Electron Microscopy (SEM) and Transmission ElectronElectron Microscopy images of the pigment are given in Figure 1 and Figure 2, respectively.

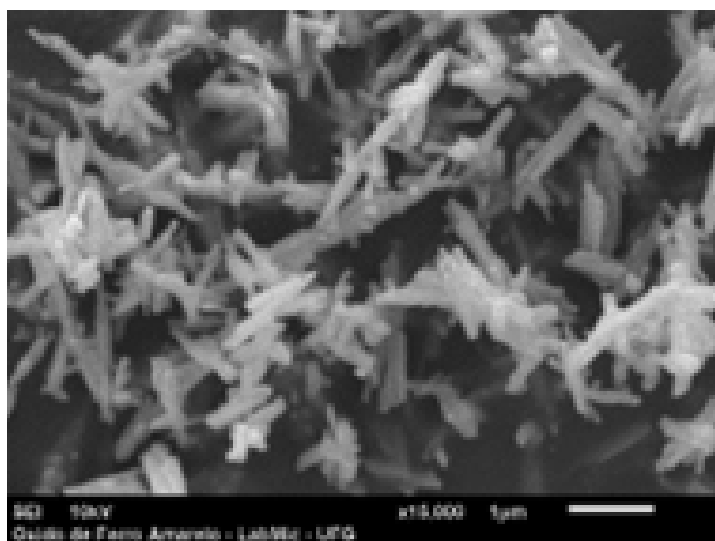


Figure 1 – Microscopic image obtained by scanning electron microscopy (SEM) - via secondary electron detector - of iron oxide used as a yellow pigment in the composition of microconcretes.

Source: LabMic – UFG (2024).

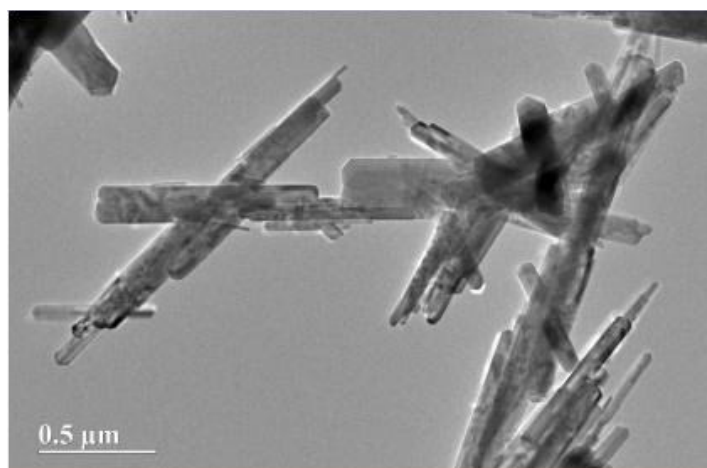


Figure 2 – Microscopic image obtained by transmission electron microscopy (TEM) of a sample of iron oxide used as a yellow pigment in the composition of microconcretes. The irregular and elongated shape of the magnified pigment particles can be seen.

Source: LabMic – UFG (2024).

Aggregates

As aggregates, artificial sand from granitic rock crushing was used, with a specific mass equal to $2,650 \text{ kg/m}^3$, fineness modulus (FM) equal to 3.16, characteristic maximum dimension (D_{max}) equal to 4.75 mm, and fine material content (passing through the 0.15 mm sieve) of 9.0%. The SEM of this fine material content is given in Figure 3.

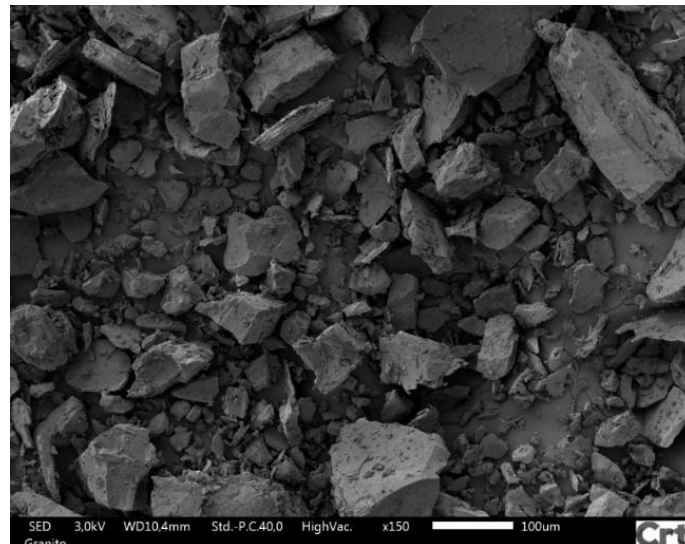


Figure 3 – A slightly magnified microscopic image of the fines present in the aggregate used (artificial sand from crushed granite rock), obtained by scanning electron microscopy (SEM) using a secondary electron detector, shows the particles' high degree of angularity as well as their high variability in size and shape.

Source: Crti – UFG (2023).

The granulometric distributions of the silica fume, pigment, cement, and sand are summarized in the graph in Figure 4.

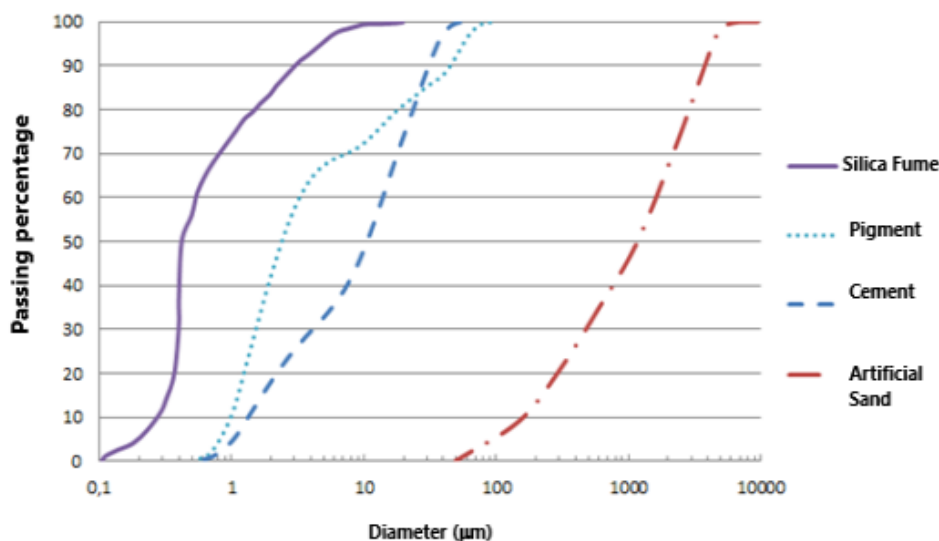


Figure 4 – Granulometric curves of all materials constituting the studied microconcretes (silica fume, pigment, Portland cement, and artificial sand).

Source: Author's personal catalogue (2025).

Two types of superplasticizer additives were used, both based on polycarboxylates. One was the vehicle itself containing dispersed nanosilica (SPP A), and the other was a conventional superplasticizer, intended exclusively for use in concrete (SPP B). Both superplasticizers were added in relation to the binders (cement or cement and silica fume, when applicable).

2.2 Studied mixtures – concrete mix proportions, production, and curing of specimens

After the characterization of the materials, the quartering of the artificial sand was performed to ensure homogeneity and uniformity in terms of the granulometry and moisture content of this material. Next, the mixtures were prepared with the following binder-to-aggregate ratios (by mass): 1:3.0, 1:4.5, and 1:5.5, initially without the incorporation of additions, thus representing the reference mixtures (R).

In sequence, the other mixtures were produced with the addition of pigment and silica fume, separately. The incorporation of the colored pigment into the micro concrete was performed by adding 2% relative to the binder mass (mixture P), while the silica fume was incorporated as a partial replacement of 10% of the binder mass (mixture S). The 2% pigment content relative to the binder mass was chosen based on the manufacturer's recommendation, which suggests a dosage between 1% and 2%. The upper limit was selected to enhance the color intensity of the micro concrete, even in mixtures with a low cement content. For silica fume, a 10% content represents the lower limit

of the commonly recommended range (10–20%) and was intentionally selected to evaluate whether even a minimal addition would be sufficient to improve the properties of the microconcretes. The mixtures with combined additions were as follows: pigment with silica fume (PS mixture) and pigment with silica fume and nanosilica (PSNs mixture). The nanosilica used was dispersed in superplasticizer A; therefore, this superplasticizer was applied only in mixtures containing nanosilica. In the other mixtures, without nanosilica, superplasticizer B was always used. Depending on the binder-to-aggregate ratio, the mixtures were designated as shown in Table 3. For the 1:3.0 ratio, the reference mixture was identified as 130R, and so on successively.

bin:aggr	Mixtures				
	Reference	2% Pigment	10% Silica	2% Pig.+10% Sil.	2% Pig.+10% Sil.+ Ns
1:3,0	130R	130P	130S	130PS	130PSNs
1:4,5	145R	145P	145S	145PS	145PSNs
1:5,5	155R	155P	155S	155PS	155PSNs

Table 3 – Identification of mixtures

Source: Author's personal catalogue (2025).

The dosage of the reference mixtures, once established in the unitary binder-to-aggregate proportion, consisted of determining the water-to-binder ratio (w/b) and the superplasticizer content to obtain acceptable fresh-state properties: a spread above 550 mm and segregation below 20%. The proportions of the studied mixtures, along with the determined SPP and water-to-binder ratios, are presented in Table 4. Table 5 shows the material consumption per cubic meter of concrete.

Mixtures	Cement	Sand	Pigment	Silica Fume	SPP A	SPP B	w/bin
130R	1.0	3.0	-	-	-	0.006	0.5
130P	1.0		0.02	-	-	0.006	
130S	0.9		-	0.1	-	0.012	
130PS	0.9		0.02	0.1	-	0.012	
130PSNs	0.9		0.02	0.1	0.015	-	

145R	1.0	4.5	-	-	-	0.008	0.7
145P	1.0		0.02	-	-	0.010	
145S	0.9		-	0.1	-	0.012	
145PS	0.9		0.02	0.1	-	0.012	
145PSNs	0.9		0.02	0.1	0.015	-	
155R	1	5.5	-	-	-	0.008	0.92
155P	1		0.02	-	-	0.008	
155S	0.9		---	0.1	-	0.010	
155PS	0.9		0.02	0.1	-	0.010	
155PSNs	0.9		0.02	0.1	0.014	-	

Table 4 – Unit proportion (in mass) and w/bin relations of the mixtures**Source:** Author's personal catalogue (2025).

Mixtures	Cement	Sand	Pigment	Silica Fume	SPP A	SPP B	Water
130R	438.6	1,315.8	-	-	-	2.63	219.3
130P	470.1	1,410.3	9.4	-	-	2.82	235.1
130S	448.7	1,495.5	-	49.8	-	5.98	249.3
130PS	447.0	1,490.1	9.9	49.7	-	5.96	248.4
130PSNs	416.6	1,388.7	9.3	46.3	6.95	-	231.5
145R	316,2	1,422,9	-	-	-	2.53	221.3
145P	334.2	1,503.9	6.7	-	-	3.34	233.9
145S	305.6	1,528.2	-	34.0	-	4.08	237.7
145PS	304.8	1,523.7	6.8	33.8	-	4.06	237.0
145PSNs	288.5	1,442.3	6.4	32.0	4.81	-	224.4
155R	262.9	1,446.0	-	-	-	2.10	241.9
155P	263.5	1,449.3	5.3	-	-	2.11	242.5
155S	247.4	1,512.0	-	27.5	-	2.75	252.9
155PS	244.4	1,493.3	5.4	27.1	-	2.72	249.8
155PSNs	245.2	1,498.2	5.5	27.2	3.81	-	250.6

Table 3 – Consumption of materials per m³ of concrete (kg)**Source:** Author's personal catalogue (2025).

To evaluate the properties of the self-compacting micro concrete in the fresh state, slump-flow, T500, V-funnel, and segregation column tests were performed. These tests were conducted according to the Brazilian Standards NBR 15823-2 (ABNT, 2017), NBR 15823-5 (ABNT, 2017), and NBR 15823-6 (ABNT, 2017), respectively. The Visual Stability Index (VSI) was determined by analyzing the micro concrete immediately after the end of flow. The distribution of aggregates within the mixture, the distribution of the mortar fraction along the perimeter, and the occurrence of bleeding were observed and photographically recorded. According to the aforementioned standards, the visual stability of self-compacting concrete is classified as follows: VSI0 corresponds to highly stable concrete, showing no signs of segregation or bleeding; VSI1 to stable concrete, with no segregation but slight bleeding; VSI2 to unstable concrete, characterized by a small paste halo (≤ 10 mm) or aggregate segregation at the center; and VSI3 to highly unstable concrete, where segregation is clearly evident, either by the concentration of aggregates at the center or by a large paste halo (> 10 mm).

Considering that the potential application of the material in this research is the same as that of self-compacting concretes, no adaptations were made regarding the tests in the fresh state, except for the sieve used in the segregation column test, in which a 2.36 mm sieve was employed. For the T500 tests, all procedures were filmed, and the start and end times of the flow were recorded to minimize measurement inaccuracies. To evaluate the mechanical properties, compressive strength, modulus of elasticity, and tensile strength by diametral compression were tested at 28 days. The tests followed the requirements of NBR 5739 (ABNT, 2018), NBR 8522-1 (ABNT, 2021), and NBR 7222 (ABNT, 2011), respectively. For a better interpretation of the results, the values obtained for the mechanical properties were subjected to analysis of variance (Anova) using SISVAR software (Ferreira, 2019). In the Anova, Tukey's test was applied at a 95% confidence level.

The mixtures were prepared without using a specific mix design method for self-compacting concrete. This was due to the absence of coarse aggregate and the high fines content in the sand (as shown in its characterization), which together ensured good stability of the mixtures. Consequently, the dosing process was limited to adjusting the superplasticizer content after the water-to-binder ratio had been established.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Results in the fresh state

The properties evaluated were the fluidity of the mixtures (measured by the Abram's cone spreading), the apparent plastic viscosity (measured by the T500 and V-funnel tests), and the segre-

gation resistance (measured by the segregation column test). These results are presented in Table 6. Figure 5 illustrates Abram's cone spreading of the mixtures, and the observed exudation aspects are shown in Figure 6.

Mixture	Entrained Air (%)	Density (kg/m ³)	Slump-flow (mm)	T500 (s)	V -Funnel (s)	Segregation (%)
130R	2.5	1,973.68	750	0.79	2.58	-0.68
130P	2.5	2,125.00	800	0.31	2.89	9.88
130S	2.4	2,243.42	780	0.97	3.30	1.35
130PS	1.5	2,245.12	795	0.27	3.48	1.25
130PSNs	2.5	2,092.11	760	1.32	3.75	1.45
145R	3.7	1,960.53	565	1.74	2.59	10.69
145P	3.3	2,078.95	635	1.27	3.38	-6.82
145S	3.2	2,105.26	595	1.75	2.66	-2.01
145PS	4.8	2,106.23	615	1.56	2.35	-1.50
145PSNs	5.5	1993.42	555	2.49	3.19	0.51
155R	3.0	1,950.58	570	1.56	2.13	10.90
155P	3.5	1,960.53	595	0.31	1.70	8.30
155S	3.4	2,039.47	560	2.02	2.45	9.64
155PS	5.8	2,019.74	550	1.22	2.04	6.75
155PSNs	7.2	2,026.32	555	1.66	2.66	4.80

Table 4 – Results of micro concrete properties evaluated in the fresh state.

Source: Author's personal catalogue (2025).

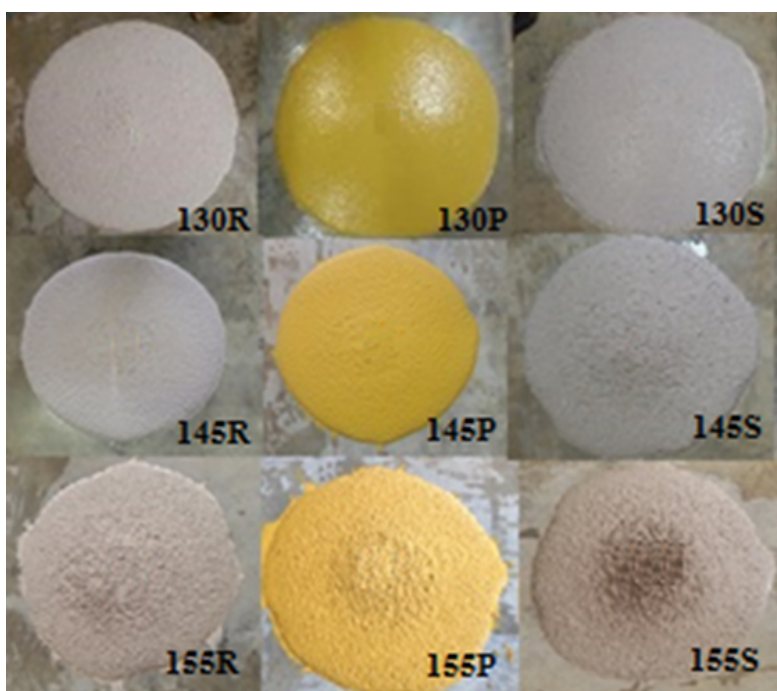


Figure 5a – Abram's cone spreading of R, P, S mixtures.

Source: Author's personal catalogue (2025).

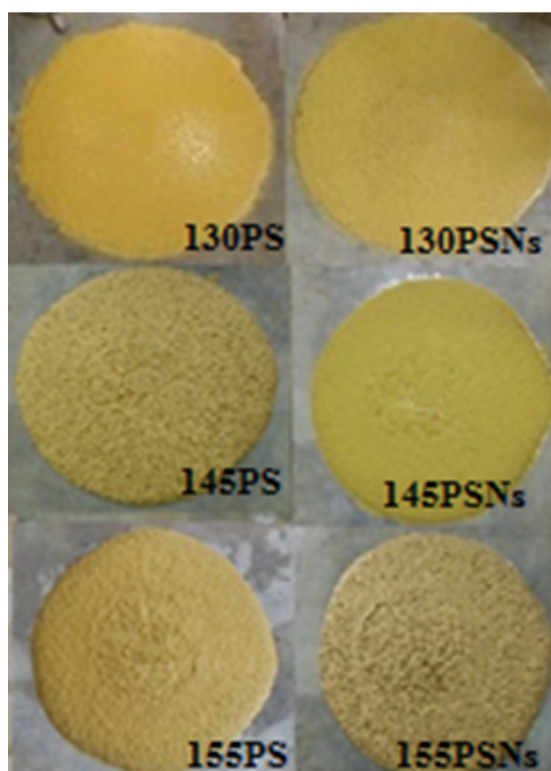


Figure 5b – Abram's cone spreading of PS and PSNs mixtures.

Source: Author's personal catalogue (2025).



Figure 6a – Aspects of exudation of R, P, S mixtures.

Source: Author's personal catalogue (2025).

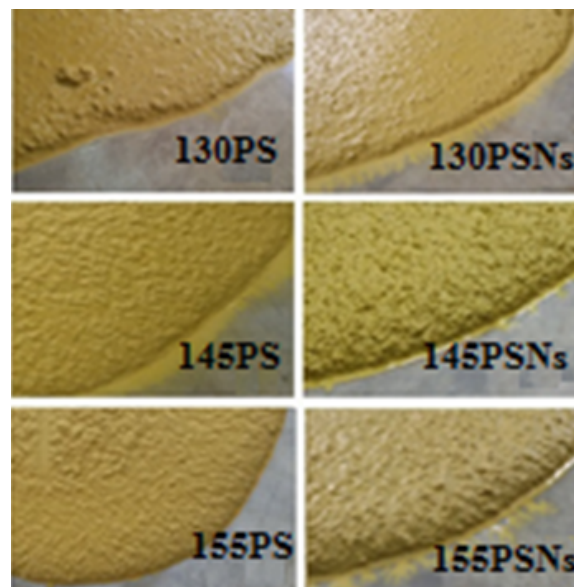


Figure 6b – Figure 6b – Aspects of exudation of PS and PSNs mixtures.

Source: Author's personal catalogue (2025).

3.2 VISUAL STABILITY INDEX

Analyzing the images in Figures 5 and 6, the following classifications according to NBR 15823-1 (ABNT, 2017) can be observed for the Visual Stability Index (VSI): VSI 0: mixtures 130R and 145P. VSI 1: mixtures 130P to 145R and 145S to 145PSNs. VSI 2: mixtures 155R to 155PSNs. These results are

relevant because they show, in general, that as the mixture composition shifts from a proportion richer in fines to a poorer one, the stability decreases, leading to segregation and bleeding.

3.2.1 Slump-flow

Comparing Abram's cone spreading of the mixtures with pigment addition (130P, 145P, and 155P) to the reference mixtures (130R, 145R, and 155R) in Table 5, an increase in fluidity was observed for all mixtures containing pigment. It was noted that for mixtures 130P and 155P, the superplasticizer contents did not vary in relation to the corresponding reference mixtures. It was also observed that the mixtures with pigment exhibited higher density. This indicates that the pigment incorporation, considering the order of magnitude of its particle dimensions shown in Figures 1, 2, and 4, resulted in improved particle packing. This condition, combined with a probable reduction in friction between aggregate particles, enhanced the fluidity of these mixtures. Such behavior was only possible because the paste volume was sufficient to reduce internal friction among aggregate particles, thus exerting a "lubricating" effect even when the specific surface area of the grains increased (with the incorporation of pigments), as a result of a particulate system that remained well dispersed throughout the rheological analyses.

For the mixtures containing silica fume, the increase in Abram's cone spreading (in mixtures 130S and 145S) was certainly due to the higher dosage of the superplasticizer additive, which was necessary to maintain the desired level of fluidity. This adjustment was required because the incorporation of finer silica fume particles, as shown in Figure 4, increased the specific surface area of the binder. In the case of mixtures with pigment, silica fume, and nanosilica, the water demand to achieve the same level of fluidity naturally increased due to the significant rise in the amount of fine particles in the system (i.e., a larger specific surface area). With the water content kept constant relative to the reference mixtures, adjustments were made by increasing the superplasticizer dosage, as presented in Table 4. Despite this, an increase in fluidity was observed only for the richest composition—with the highest binder content (130PSNs)—and even then, the improvement was very modest. The fluidity was already lower for the 145PSNs and 155PSNs mixtures than their respective reference mixtures. This can be attributed to the fact that these more complex systems (containing silica fume and nanosilica) promote greater cohesion in the fresh state. Furthermore, the fluidizing capacity of the additive decreases in mixtures with lower cement or binder content, as observed in mixtures 145PSNs and 155PSNs. The partial loss of superplasticizer effectiveness in more cohesive systems explains the reduction in fluidity observed in mixtures containing pigment, silica fume, and nanosilica. On a smaller scale, this reasoning also applies to mixtures containing only silica fume or

pigment and silica fume. In the less binder-rich compositions (155S and 155PS), the mixtures exhibited lower fluidity than the reference mixture (155R). In contrast, in the richer compositions (130S, 130PS, 145S, and 145PS), fluidity was consistently higher than in their respective reference mixtures.

Regarding the spreading results, it was observed that all mixtures with the 1:3.0 ratio, except for mixture 130R, were classified as SF3 (spreading between 760 mm and 850 mm) according to ABNT NBR 15823-1 (2017), which is suitable for structures with high reinforcement density or complex architectural geometries. Mixture 130R was classified as SF2 (spreading between 660 mm and 750 mm), applicable to most conventional structural applications. For the 1:4.5 and 1:5.5 ratios, all mixtures fell within the SF1 classification (spreading between 550 mm and 650 mm), which corresponds to applications in unreinforced structures or those with low reinforcement ratios, where a short horizontal flow distance of the self-compacting concrete is sufficient.

3.2.2 T500 Test

Regarding the apparent plastic viscosity under free flow, measured by the T500 test, it was found that the addition of pigment (mixtures 130P, 145P, and 155P) resulted in a significant reduction in viscosity compared with the reference mixtures (130R, 145R, and 155R). These reductions were 60.8%, 27.0%, and 80.1%, respectively. It was also observed that the T500 for mixture 130R was low, that is, well below 2 s. In general, for the mixtures with pigment, the reduction in viscosity explained the increase in fluidity observed in the previous subsection. For the mixtures with silica fume (130S and 155S), viscosity increased in relation to the corresponding reference mixtures, even with the increase in superplasticizer content. The observed increases were 22.8% and 29.5%, respectively. In the case of mixture 145S, the viscosity was practically the same as that of its reference mixture, 145R, since the superplasticizer content increased from 0.8% to 1.2%. This increase in viscosity indicated greater cohesion, a result of the high specific surface area of the silica fume, as already noted in the previous subsection. The addition of 2% pigment (mixtures 130PS, 145PS, and 155PS) to the mixtures containing silica fume (130S, 145S, and 155S) reduced viscosity, similarly to what occurred in mixtures 130P, 145P, and 155P. The observed reductions were 72.2%, 10.9%, and 39.6%, respectively. When nanosilica was incorporated into the mixtures with pigment and silica fume (130PSNs, 145PSNs, and 155PSNs), viscosity increased again in relation to mixtures 130PS, 145PS, and 155PS, by 388.9%, 59.6%, and 36.1%, respectively. Overall, mixtures that included silica fume or silica fume combined with nanosilica, with little interference from the pigment, exhibited higher apparent plastic viscosity, which is consistent with the greater cohesion in the plastic state observed in these compositions. In contrast, the incorporation of pigment alone reduced viscosity.

Considering ABNT NBR 15823-1 (2017), all mixtures, except for mixtures 145PSNs and 155S, were classified as VS1, that is, $T500 \leq 2$ s. The remaining mixtures were classified as VS2, with $T500 > 2$ s.

3.2.3 V-Funnel test

Regarding the apparent plastic viscosity under confined flow (V-funnel test), some mixtures behaved differently compared with the free flow condition (T500). The mixtures that showed this behavior were 130P, 130PS, and 145P. In these cases, an increase in viscosity under confined flow was observed with the addition of the respective fines. It was also observed that for the 1:5.5 ratio, which is poorer in terms of binder content, all mixtures behaved similarly under both free flow and confined flow conditions. For a more in-depth discussion of these observations, rheological studies would be required, using a rheometer to determine the plastic viscosity and yield stress of the mixtures. In any case, a general tendency toward increased viscosity of particulate systems was observed as finer phases were added (for example, when pigment was incorporated) or when fine particles were partially replaced by even finer particles (through the incorporation of silica fume or silica fume and nanosilica). This behavior was attributed to the overall increase in the specific surface area of these particulate systems, which was clearly evident in the analysis of the apparent plastic viscosity under confined flow (V-funnel test). As the surface area of the systems increased, the available surfaces for water adsorption also increased. Water molecules, being polar, tended to interact with these surfaces, thereby reducing the amount of free water available (Cascudo, 2017). Consequently, water remained more strongly retained within the fresh mixture due to surface charge effects associated with the physical adsorption mechanism, contributing to greater water retention (Mehta & Monteiro, 2014). The practical effect was an increase in mixture cohesion in the plastic state, generally accompanied by higher viscosity (accentuated by the higher fines content), as well as significant reductions in segregation and water exudation.

For the aspect of apparent plastic viscosity under confined flow (V-funnel), according to NBR 15823-1 (ABNT, 2017), all mixtures were classified as VF1, that is, V-funnel < 9 s. Considering the requirements of the aforementioned Standard for both plastic viscosity results (under free and confined flow), mixtures 145PSNs and 155S could be applied in most current cases, while the others would be suitable for structures with high reinforcement density or complex architectural forms.

3.2.4 Segregation column

Regarding segregation, measured by the Column test, Table 6 shows the good stability of the reference mixture 130R, which exhibited no segregation. The homogeneous appearance of this

micro concrete can also be verified in Figures 5 and 6. One factor that influenced this behavior was the presence of cement fines, since this is a rich mixture (in cement), with a 1:3.0 (cement: aggregate) ratio. As the amount of fines decreased, this behavior was not maintained in mixtures 145R and 155R, which presented segregation levels of 10.69% and 10.90%, respectively. In Figure 5a, an accumulation of sand can be seen at the center—especially for mixture 155R—as well as the presence of exuded free water along the edges (Figure 6a), both effects resulting from mixture segregation. Thus, the 9% fines content in the sand, as shown in its characterization, together with the grain shape illustrated in Figure 3, was not sufficient to maintain the stability of mixtures 145R and 155R compared with mixture 130R.

When pigment was added to mixture 130P, segregation increased to 9.88%. In this case, the pigment reduced the already low plastic viscosity, as discussed in item 3.1.2, thereby increasing segregation. However, when analyzing Figure 5a, the perception of segregation was not so evident, probably because the higher fluidity of this mixture, associated with its low viscosity, made segregation less noticeable. The presence of pigment in mixture 145P had a favorable effect compared with mixture 145R, providing greater stability and eliminating segregation, despite the increase in superplasticizer content from 0.8% to 1.0%. In mixture 155P, although the pigment reduced segregation, its effect was less pronounced, which can be explained by the low total fines content (cement and pigment) in this mixture. For the mixtures with silica fume (130S, 145S, and 155S), their effect at the 1:3.0 ratio, unlike the pigment, maintained the mixture practically free of segregation (1.35%). The same occurred for the 1:4.5 ratio, which is justified by the high specific surface area and spherical morphology of the silica fume, both of which increased viscosity and stability. At the 1:5.5 ratio, despite the reduction in segregation compared with the reference micro concrete, the segregation observed was still 9.64%. This was due to the small amount of silica in the mixture (10% replacement of cement), given the already low binder content. The presence of segregation in mixture 155S is clearly evident in Figures 3 and 4.

The combined effect of pigment and silica fume was beneficial and more pronounced compared with the reference mixtures and with the individual effects of these fines, particularly for the 1:5.5 ratio. In Figure 5b, showing mixtures 130PS, 145PS, and 155PS, the homogeneous appearance of the mixtures can be observed. For mixture 155PS, segregation was reduced by approximately 38% compared with the reference mixture 155R.

Regarding the combined effect of pigment, silica fume, and nanosilica, an even more pronounced positive effect was observed. For the 1:5.5 ratio (mixture 155PSNs), segregation was reduced by approximately 56% compared with the reference mixture 155R. The images in Figures 5 and 6, showing mixtures 130PSNs, 145PSNs, and 155PSNs, highlight cohesive mixtures without visible evidence of segregation.

Regarding the classification of NBR 15823-1 (ABNT, 2017) for segregation, all mixtures were classified as SR2 (Segregation $\leq 15\%$), indicating that they are suitable for critical applications, such as deep foundation elements, columns, walls, complex structural components, and prefabricated elements.

In general, it is noteworthy that systems containing silica fume, as well as those with silica fume and nanosilica (with pigment), exhibited higher viscosity—particularly apparent plastic viscosity under confined flow (V-funnel)—and lower segregation. This behavior was attributed to greater cohesion in the plastic state and increased water retention, resulting from the higher adsorption capacity of water molecules in systems with high specific surface area, as discussed previously and supported by the arguments of Cascudo, (2017). In the images of Figures 5 and 6, some evidence of segregation and increased exudation was observed in the systems containing mineral additions, compared with the reference mixtures; however, these effects were not fully confirmed in this study. The images occasionally show localized accumulation of free water at the perimeter of the “open” mixture, which was likely due to the higher dosage of superplasticizer in the mixtures containing silica fume or silica fume with nanosilica. This does not imply, however, that these mixtures were more prone to segregation or less cohesive than the reference mixtures.

4 RESULTS IN THE HARDENED STATE

The results for the mixtures in the hardened state are plotted in Figures 7 to 9. Figure 7 shows the results of compressive strength. In Figure 8, the results of the Splitting tensile strength. In Figure 9, the results of the Modulus of Elasticity at 28 days.

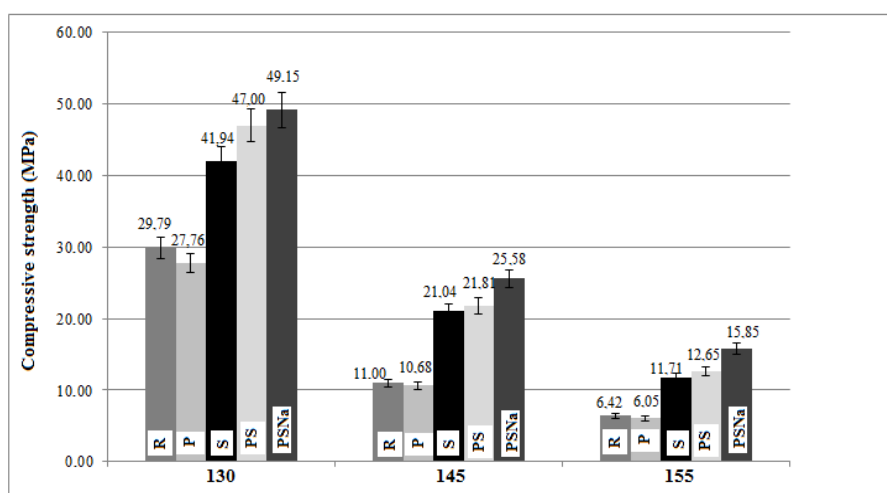


Figure 5 – Average values of compressive strength at 28 days.

Source: Author's personal catalogue (2025).

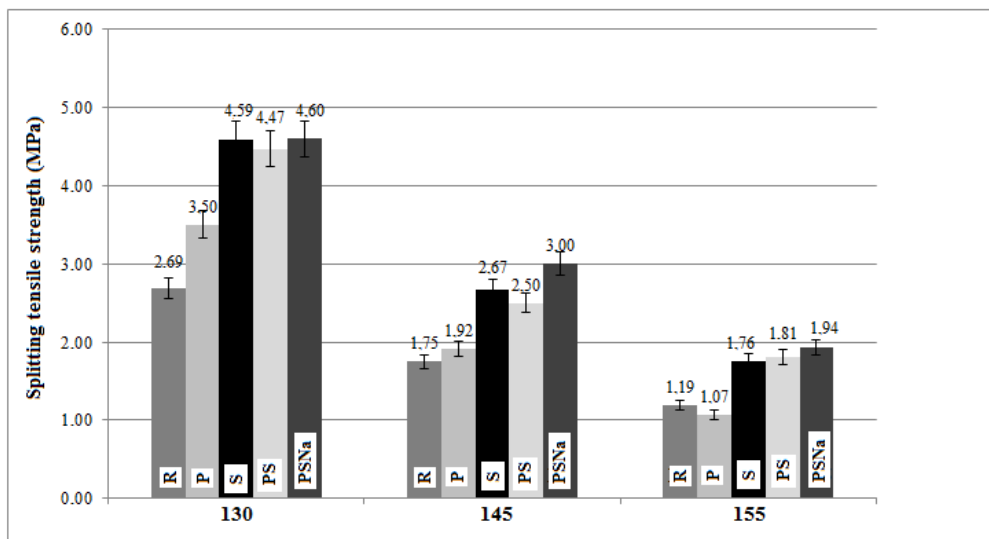


Figure 6 – Average values of splitting tensile strength at 28 days.

Source: Author's personal catalogue (2025).

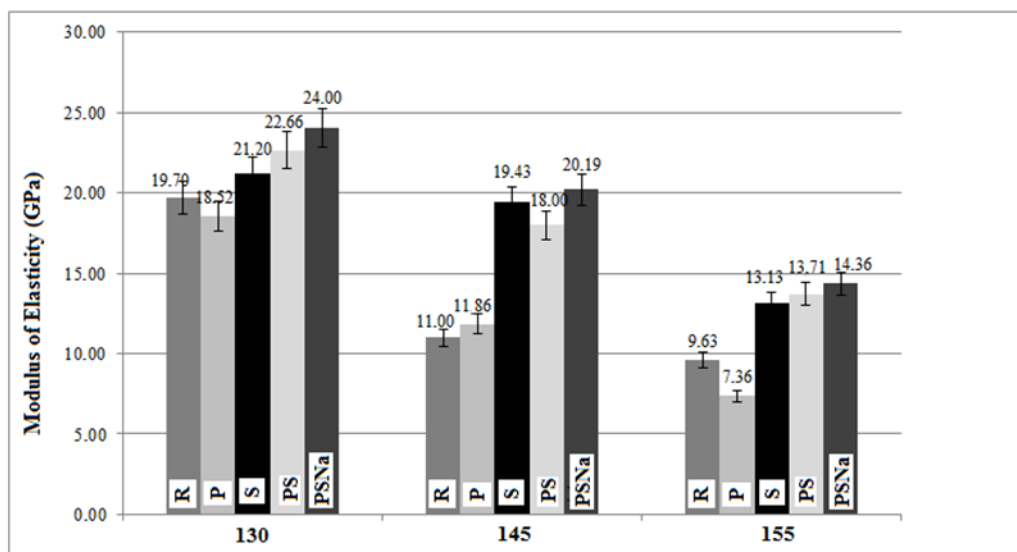


Figure 7 – Average values of the initial tangent modulus of elasticity.

Source: Author's personal catalogue (2025).

Table 7 and Table 8 present the data and the results of the statistical analysis, respectively. A discussion of these results is provided in the following subsections.

	Properties	Source	DF	SS (Aj)	MS (Aj)	Fc	Pr>Fc	Others
Mixture 130	Compressive strength	Treatment	4	1191.849627	297.962407	192.813	0.0000	*CV(%)=3.17; **Aver.: 39.21 MPa
		Repetition	2	29.376360	14.688180	9.505	0.0077	
		error	8	12.362773	1.545347			
		Total	14	1233.588760				
	Splitting tensile strength	Treatment	4	8.671800	2.167950	24.530	0.0002	CV(%)=7.49; Aver.: 3.97 MPa
		Repetition	2	0.713560	0.356780	4.037	0.0614	
		error	8	0.707040	0.088380			
		Total	14	10.092400				
	Modulus of elasticity	Treatment	4	58.208160	14.552040	11.969	0.0019	CV(%)=5.20; Aver.: 21.22 GPa;
		Repetition	2	3.877560	1.938780	1.595	0.2613	
		error	8	9.726440	1.215805			
		Total	14	71.812160				
Mixture 145	Compressive strength	Treatment	4	548.444760	137.111190	98.831	0.0000	CV(%)=6.53; Aver.: 18.04 MPa ;
		Repetition	2	14.989320	7.494660	5.402	0.0328	
		error	8	11.098680	1.387335			
		Total	14	574.532760				
	Splitting tensile strength	Treatment	4	3.272040	0.818010	27.042	0.0001	CV(%)=7.34; Aver.: 2.37 MPa
		Repetition	2	0.217000	0.108500	3.587	0.0773	
		error	8	0.242000	0.030250			
		Total	14	3.731040				
	Modulus of elasticity	Treatment	4	226.243560	56.560890	79.653	0.0000	CV(%)=5.24; Aver.: 16.10 GPa;
		Repetition	2	4.371640	2.185820	3.078	0.1020	
		error	8	5.680760	0.710095			
		Total	14	236.295960				
Mixture 155	Compressive strength	Treatment	4	213.454560	53.363640	413.575	0.0000	CV(%)=3.41; Aver.: 10.54 MPa
		Repetition	2	0.115360	0.057680	0.447	0.6546	
		error	8	1.032240	0.129030			
		Total	14	214.602160				
	Splitting tensile strength	Treatment	4	1.871160	0.467790	12.341	0.0017	CV(%)=12.53; Aver.: 1.55 MPa
		Repetition	2	0.011160	0.005580	0.147	0.8654	
		error	8	0.303240	0.037905			
		Total	14	2.185560				
	Modulus of elasticity	Treatment	4	108.785640	27.196410	25.547	0.0001	CV(%)= 8.87; Aver.: 11.64 GPa;
		Repetition	2	2.227960	1.113980	1.046	0.3947	
		error	8	8.516440	1.064555			
		Total	14	119.530040				

Where: DF = Degrees of Freedom; SS = Sum of Squares; MS = Mean Square; Fc= F-statistic; Pr = p value - CV: Coefficient of Variation; Aver = Average.

Table 7 – Results of micro concrete properties evaluated in the hardened state.**Source:** Author's personal catalogue (2025).

Test	Mixture														
	130 REF	130 P	130 S	130 PS	130 PSNs	145 REF	145 P	145 S	145 PS	145 PSNs	155 REF	155 P	155 S	155 PS	155 PSNs
Compressive strength	a1	a1	a2	a3	a3	2a1	2a1	2a2	2a2	2a3	3a1	3a1	3a2	3a2	3a3
Splitting tensile strength	b1	b2	b3	b3	b3	2b1	2b1	2b2, 2b3	2b2	2b3	3b1	3b1	3b2	3b2	3b2
Modulus of elasticity	c1, c2	c1	c1, c2, c3	c2, c3	c2	2c1	2c1	2c2	2c2	2c2	3c2	3c1	3c3	3c3	3c3

Table 8 – Results of statistical significance.

Source: Author's personal catalogue (2025).

The letters a, b, and c correspond to the properties, while the number before each letter indicates the mixture and the number after the letter represents the average level. Thus, a1, a2, and a3 refer to mixture 130, compressive strength, and the three average levels: 1 for the lower, 2 for the middle, and 3 for the higher. Similarly, 3c1, 3c2, and 3c3 indicate mixture 155, modulus of elasticity, and the three average levels.

4.1 Compressive strength

Figure 7 compares the mixtures with pigments (130P, 145P, and 155P) to their respective reference mixtures (130R, 145R, and 155R). The addition of 2% colored pigment shows a tendency to reduce compressive strength. However, the statistical analysis results (Table 8) indicate no significant difference between these properties; the observed variations are random and not a function of the treatment. On the other hand, the mixtures with partial cement replacement by silica fume (130S, 145S, and 155S) show strength gains of 40.8%, 91.3%, and 82.4%, respectively, compared to their references (130R, 145R, and 155R). These gains are attributed to the well-known effects of paste densification and improvement of the material's internal structure, with particularly expressive results in the paste-aggregate transition zone due to the pozzolanic and microfiller actions of silica fume in the cement paste and at the aggregate interfaces (Cascudo *et al.*, 2014; Oliveira; Cascudo, 2018). It should be noted that these effects are more pronounced in mixtures with lower cement proportions, 145S and 155S.

The mixtures that incorporated both pigment and silica fume (130PS, 145PS, and 155PS) outperformed their respective reference mixtures (130R, 145R, and 155R), with strength gains of 57.8%,

98.3%, and 97.0%, respectively. However, the mixtures containing pigment, silica fume, and nano-silica (130PSNs, 145PSNs, and 155PSNs) achieved the highest compressive strength values overall. The combination of the siliceous fines promoted a better granular packing, with consequent densification of the cement matrix. It is important to observe, according to the results shown in Table 8, that the addition of nanosilica caused a considerable gain in the compressive strength, considering the mixtures 145PSNs, and 155PSNs (17.3% and 25.3%) in relation to mixtures with pigment and silica fume only (145PS and 155PS). This compressive strength gain was certainly a result of the pozzolanic reaction of nanosilica, and its nano-filler effect caused by particles with nanometer-scale dimensions (Madandoust *et al.*, 2015). The contribution of these very fine pozzolans, especially nanosilica combined with silica fume, is undeniable in the densification of the paste and in the improvement of the interfaces with the aggregates, whose effects are substantial in terms of mechanical strength, but go beyond, also contributing to durability and in a very significant way (Oliveira; Oliveira; Cascudo, 2019).

4.2 Splitting tensile strength.

As shown in Figure 8 and Table 8, the splitting tensile strength exhibits a different behavior from the compressive strength, depending on the type of addition. This difference is attributed to the distinct loading conditions in both tests. It is observed that mixture 130P, with the addition of pigment, shows a 30.1% increase in splitting tensile strength compared to mixture 130R, without pigment. In mixtures 1:4.5 and 1:5.5, only small variations are observed in splitting tensile strength (not statistically significant) when comparing the pigment-containing (P) and reference (R) mixtures, with mixture P being slightly higher than R in the 1:4.5 proportion and slightly lower in the 1:5.5 proportion.

Regarding the 130 mixtures, the effect of pigment addition—this time favoring an increase in splitting tensile strength—can be attributed to a greater mechanical interlocking (imbrication) of particles due to the needle-like (acicular) shape of the pigment. Figures 1 and 2 illustrate the morphology of the pigment grains used. Such imbrication provides a plausible explanation for the observed increase in tensile strength. In mixtures 145 and 155, due to the lower pigment content (associated with a lower cement proportion), this interlocking effect, if present, is not perceptible.

Among the mixtures with individual additives, those containing silica fume (130S, 145S, and 155S) exhibit the best performance, resulting from the combined chemical and physical effects of the silica fume particles. Compared with the reference mixtures, strength increases of 70.6%, 52.6%, and 47.9% are observed for the 1:3.0, 1:4.5, and 1:5.5 binder-to-aggregate ratios, respectively.

Considering Table 8, the mixtures combining pigment and silica fume (130PS, 145PS, and 155PS) show similar performance levels, with only slight variations, compared to the mixtures containing silica fume alone.

For the mixtures containing pigment, silica fume, and nanosilica (130PSNa, 145PSNa, and 155PSNa), the results are comparable to those of the silica fume-only mixtures (130S, 145S, and 155S). Therefore, no additional beneficial effect is observed from the combined use of nanosilica and silica fume for this property, relative to silica fume alone.

4.3 Modulus of elasticity

Comparing Figures 9 and 7, the general trend observed in the compressive strength results is also reflected in the elastic modulus results. However, the statistical analyses presented in Table 8 reveal some differences, which are highlighted below.

Statistically, for mixtures 130 and 145, the mixtures with pigment exhibit elastic modulus values comparable to their respective reference mixtures, as shown in Table 8. In contrast, mixture 155 with pigment shows a reduction of approximately 23.6% compared to its reference mixture, unlike compressive strength, which remains at a similar level. This reduction can be attributed to the low cement content in this mixture, where the presence of pigment—an inert material with a high specific surface area—affects the concrete microstructure, increasing its deformability.

Mixtures with partial cement replacement by silica fume (145S and 155S) show increases in elastic modulus of 76.6% and 36.3%, respectively, compared to their reference mixtures (145R and 155R). Moreover, the effects of silica fume on this property are more pronounced in mixtures with lower cement content.

Mixtures combining silica fume and pigment exhibit similar behavior to those with silica fume alone when compared to the reference mixtures; the same applies to the PSNa mixtures.

Materials with higher elastic modulus, and thus greater rigidity, are those containing pozzolanic fines, particularly silica fume. More densely packed mixtures with compact interfaces clearly result in improved mechanical properties.

The contribution of silica fume is significant in increasing the elastic modulus, unlike other mineral additions such as metakaolin, which, although beneficial for mechanical strength and durability, do not substantially enhance concrete rigidity (Cascudo *et al.*, 2021).

5 CONCLUSIONS

Based on the results and discussions presented in this work, the following conclusions can be drawn:

- Regarding the isolated effects, the incorporation of pigment increases the workability of the micro concrete in the fresh state. In terms of properties in the hardened state, the addition of pigment does not cause significant changes in compressive strength, but it is effective in increasing tensile strength in mixtures with higher cement content.
- The partial replacement of cement with silica fume is beneficial. In the fresh state, it increases the cohesion of the mixtures compared to the reference mixtures, requiring a higher superplasticizer dosage. In the hardened state, it contributes to increases in compressive and splitting tensile strengths, as well as in the modulus of elasticity, particularly in mixtures with lower cement content.
- As for the combined effects, in the mixtures containing silica fume and pigment, results in hardened state were also positive, reaching compressive and tensile strength values higher than those of the reference mixtures; its performance in the hardened state was similar to micro concrete with 10% silica fume, demanding a higher content of superplasticizer.
- In the fresh state, mixtures incorporating pigment, silica fume, and nanosilica generally show reduced workability, requiring a higher superplasticizer dosage. In the hardened state, these combined mixtures exhibit higher compressive strength due to the enhanced effectiveness of pozzolanic reactions and the potentiated physical effects, such as the nanofiller action of the nanosilica particles. These effects lead these mixtures to the highest mechanical strength values, particularly in the 1:5.5 mixture.
- The yellow pigment, when used in ternary mixtures (cement and silica fume) or quaternary mixtures (cement, silica fume, and nanosilica), shows potentiated effects, thus demonstrating a synergy arising from these combined actions.

The results of this work highlight the potential of self-compacting micro concrete produced with residual sand and various mineral additions. Despite the considerable complexity of the hybrid mixtures used (ternary and quaternary blends with cement), the essential rheological requirements for self-compacting concrete applications are maintained, while the mechanical and elastic properties of the produced hybrid mixtures are enhanced. In parallel, the environmental benefit of

using crushed sand and the versatility offered by the simultaneous production of a special colored (pigmented) concrete are emphasized.

6 REFERENCES

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15823-1: Concreto autoadensável - Parte 1: Classificação. Controle e recebimento no estado fresco*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15823-2: Concreto autoadensável - Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15823-5: Concreto autoadensável - Parte 5: Determinação da viscosidade - Método do funil V*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15823-6: Concreto autoadensável - Parte 6: Determinação da resistência à segregação - Métodos da coluna de segregação e da peneira*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7222: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 8522-1: Concreto endurecido – Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação. Parte 1: Módulos estáticos à compressão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BARBOSA, M. T. G.; COURA, C. V. G; MENDES, L. O. Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 51-60, out/dez. 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/5034>. Acesso em: 22 out. 2025.

CAI, X.; LIU, R.; FAN, J.; LIAO, Y. The effectiveness of waste oyster shells (WOS) as a major fine aggregate replacement in concrete. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY MATERIALS AND ENVIRONMENT ENGINEERING (ICEMEE), 7. [s. l.]. E3S Web Conference, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126102014>. Acesso em: 22 set. 2025.

CAMPOS, P. E. F. Tecnologias para a construção do habitat social: o microconcreto de alto desempenho para o desenvolvimento da pré-fabricação leve. In: CIHEL – CONGRESSO INTERNACIONAL DA HABITAÇÃO NO ESPAÇO LUSÓFONO, 4., 2017, Covilhã.. *Anais [...]*. Covilhã: Universidade Beira Interior, 2017. Disponível em: <http://www.habitaluso.org>. Acesso em: 22 out. 2025.

CASCUDO, O. Arranjos atômicos e estrutura dos materiais. In: ISAIA, G. C. ed. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais*. 3. ed. rev. atual. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2017. v. 1. p. 172-205. (Capítulo 6). São Paulo: IBRACON, 2017. v. 1, cap. 6, p. 172-205. Disponível em: https://ibracon.org.br/publicacoes/livros_tecnicos/. Acesso em: 22 out. 2025.

CASCUDO, O.; MENDES, M. V. A. S.; CARASEK, H.; FERREIRA, R. B. Eficiência dos concretos contendo adições minerais frente à ação de cloretos. In: ENCONTRO LUSO-BRASILEIRO DE DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO (DEGRADA-2014), 1., 2014, Salvador. *Anais [...]*. Salvador: UFBA, 2014. Disponível em: <http://www.degrada2014.org>. Acesso em: 22 out. 2025.

CASCUDO, O.; PIRES, P.; CARASEK, H.; CASTRO, A.; LOPES, A. Evaluation of the pore solution of concretes with mineral additions subjected to 14 years of natural carbonation. *Cement and Concrete Composites*, Lisboa, v. 115, p. 1/103858-13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103858>. Acesso em: 22 set. 2025.

CASCUDO, O.; TEODORO, R.; OLIVEIRA, A. M.; CARASEK, H. Effect of different metakaolins on chloride-related durability of concrete. *ACI Materials Journal*, Farmington Hills, v. 118, p. 1-12, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14359/51732634>. Acesso em: 22 set. 2025.

FELEKOĞLU, B. Effects of PSD and surface morphology of micro-aggregates on admixture requirement and mechanical performance of micro concrete. *Cement and Concrete Composites*, Lisboa, v. 29, n. 6, p. 481-489, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.12.008>. Acesso em: 22 set. 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Available at: Disponível em: <http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>. Acesso em: 10 Feb. 2023.

INGALKAR, R. S.; Harle, S. M. Replacement of Natural Sand by Crushed Sand in the concrete. Replacement of Natural Sand by Crushed Sand in the Concrete. *Landscape Architecture and Regional Planning*, New York, v. 2, n. 1, p. 13-22, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11648/j.larp.20170201.12>. Acesso em: 22 out. 2025. ISAIA, G. C.; GASTALDINI, A. L. G.; MORAES, R. Physical and pozzolanic action of mineral additions on the mechanical strength of high-performance concrete. *Cement and Concrete Composites*, Lisboa, v. 25, p. 69-76, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(01\)00057-9](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(01)00057-9). Acesso em: 22 out. 2025.

JANG, H.; KANG, H.; SO, S. Color Expression characteristics and physical properties of colored mortar using ground granulated blast furnace slag and white Portland cement. *KSCE Journal of Civil Engineering*, Seoul, v. 18, n. 4, p. 1125-1132, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12205-014-0452-z>. Acesso em: 22 out. 2025.

JONBI, J.; TIAHJANI, A. R. I.; TINUMBIA, N.; PATTINAJA, A. M.; HARYONO, B. S. Repair of rigid pavement using micro concrete material. In: International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering. *MATEC Web of Conferences*, 4., v. 195, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201819501014>. Acesso em: 22 out. 2025.

KADAM, S. B.; SINGH, Y.; LI, B. Strengthening of reinforced masonry using welded wire mesh and micro concrete - behaviour in-plane action. *Construction and Building Materials*, Oxford, v. 54, p. 247-257, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.033>. Acesso em: 22 out. 2025.

LEE, H.-S.; LEE, J.-Y.; YU, M.-Y. Influence of iron oxide pigments on the properties of concrete interlocking blocks. *Cement and Concrete Research*, Lisboa, v. 33, 1889-1896, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(03\)00215-6](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(03)00215-6). Acesso em: 22 out. 2025.

MADANDOUST, R.; MOHSENI, E.; MOUSAVI, S. Y.; NAMNEVIS, M. An experimental investigation on the durability of self-compacting mortar containing nano-SiO₂, nano-Fe₂O₃ and nano-CuO. *Construction and Building Materials*, Oxford, v. 86, p. 44-50, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.100>. Acesso em: 22 out. 2025.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: microestrutura. Propriedades e materiais*. Trad. HASPARYK, N. P.; HELENE, P.; PAULON, V. A. 3. ed. São Paulo. IBRACON. 2014. 674 p.

MUNDRA, S.; SINDHI, P. R.; CHANDWANI, V. NAGAR, R.; AGRAWAL, V. Crushed rock sand — An economic and ecological alternative to natural sand to optimize concrete mix. *Perspectives in Science*, [s. l.], v. 8, p. 345-347, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.04.070>. Acesso em: 22 out. 2025.

NGUYEN, D. T.; NGUYEN, D. L.; LAM, M. N. T. An experimental investigation on the utilization of crushed sand in improving workability and mechanical resistance of concrete. *Construction and Building Materials*, Oxford, v. 326, 126766, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126766>. Acesso em: 22 out. 2025.

OERTEL, T.; HELBIG, U.; HUTTER, F.; KLETTI, H.; SEXTL, G. Influence of amorphous silica on the hydration in ultra-high performance concrete. *Cement and Concrete Research*, Lisboa, v. 58, p. 121-130, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2014.01.006>. Acesso em: 22 out. 2025.

OLIVEIRA, A. M.; CASCUDO, O. Effect of mineral additions incorporated in concrete on thermodynamic and kinetic parameters of chloride-induced reinforcement corrosion. *Construction and Building Materials*, Oxford, v. 192, p. 467-477, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.100>. Acesso em: 22 out. 2025.

OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, A. M.; CASCUDO, O. Influência do efeito combinado de sílica ativa e nanossílica em concretos: uma contribuição ao comportamento mecânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 61., 2019. Fortaleza. *Anais*. [s. l.]. São Paulo: IBRACON, v. 1, 2019, p. 1-16.

REZAEI-OCHELAGH, D.; AZIMKHANI, S.; MOSAVINEJAD, H. G. Shielding and strength tests of silica fume concrete. *Annals of Nuclear Energy*, [s. l.], v. 45, p. 150-154, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2012.02.006>. Acesso em: 22 out. 2025.

SILVA, R.V.; BACARJI, E.; CASCUDO, O. Mapeamento literário sobre o microconcreto. REEC – *Revista eletrônica de engenharia civil*, Goiânia, v.15, n.1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/reec.v15i1.50421>. Acesso em: 22 out. 2025.

TOKARSKI, R. B.; MATOSKI, A.; CECHIN, L.; WEBER, A.M. Comportamento das argamassas de revestimento no estado fresco, compostas com areia de britagem de rocha calcária e areia natural. *Revista Matéria*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, 2018 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0530>. Acesso em: 22 out. 2025.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D.; CREMONINI, R. A practical mix design method for self-compacting concrete. In: CONFERENCE ON HIGH PERFORMANCE CONCRETE STRUCTURES AND MATERIALS, 5., 2008, Manaus. *Proceedings [...]*. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute, 2008. p. 235-250. (ACI Special Publication, 253). UYSAL, M. The use of waste maroon marble powder and iron oxide pigment in the production of coloured self-compacting concrete. *Advances in Civil Engineering*, [s. l.], v. 2018, art. 8093576, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/8093576>. Acesso em: 22 out. 2025.

VIJAYALAKSHMI, M.; SEKAR. A. S. S.; PRABHU. G. G. Strength and durability properties of concrete made with granite industry waste. *Construction and Building Materials*, Oxford, v. 46, p. 1-7, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.04.018>. Acesso em: 22 out. 2025.

WONGKEO, W.; THONGSANITGARN, P.; CHAIPANICH, A. Compressive strength and drying shrinkage of fly ash-bottom ash-silica fume multi-blended cement mortars. *Materials and Design*, Oxford, v. 36, p. 655-662, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.11.043>. Acesso em: 22 out. 2025.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Introdução ou Considerações iniciais:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Referencial teórico:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Metodologia:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Análise de dados:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Discussão dos resultados:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Conclusão ou Considerações finais:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Referências:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Revisão do manuscrito:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo; **Aprovação da versão final publicada:** Edgar Bacarji; Andressa de Andrade Tassi; Oswaldo Cascudo.

CCRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 26 de fevereiro de 2025.

Aprovado: 3 de novembro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

MTASSI, Andressa de Andrade; BACARJI, Edgar; MATOS, Oswaldo Cascudo. Effect of different mineral additions on colored self-compacting micro concrete produced with residual sand. *Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG*, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 63-94, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Dr. Marlon André Capanema

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Fundamentos da radiolocalização por triangulação

Fundamentals of Triangulation-Based Radiolocation
Fundamentos de la Radiolocalización por Triangulación

RAFAEL SARAIVA CAMPOS¹

RESUMO

Este trabalho apresenta os fundamentos algébricos e geométricos da radiolocalização por triangulação, usando multilateração e multiangulação. A metodologia envolveu o uso de modelos geométricos básicos e métodos de solução, como a linearização por secantes e a aproximação por séries de Taylor, para estimativas de posição em cenários com resolução limitada nas medições e sem visada direta entre o transmissor e o receptor. Foram realizadas simulações computacionais para avaliar o desempenho de cada método sob diferentes configurações geométricas e condições de propagação, destacando as vantagens e limitações de cada técnica. Os resultados indicaram que as multilaterações circular e hiperbólica apresentaram boa convergência, embora a precisão do posicionamento dependa de fatores como a resolução das medições e a geometria dos nós-âncora.

Palavras-chave: nós-âncora; nós-alvo; triangulação; multilateração; multiangulação.

ABSTRACT

This work presents the algebraic and geometric fundamentals of triangulation-based radio-location using multi-lateration and multi-angulation. The methodology involved the use of basic geometric models and solution methods, such as linearization by secants and approximation through Taylor series, for position estimates in scenarios with limited measurement resolution and non-line-of-sight conditions between the transmitter and receiver. Computational simulations were performed to evaluate the performance of each method under different geometric configurations and propagation conditions, highlighting the advantages and limitations of each technique. The results indicated that circular and hyperbolic multi-lateration exhibited good convergence, although positioning accuracy depends on factors such as measurement resolution and anchor node geometry.

Keywords: anchor nodes; target nodes; triangulation; multi-lateration; multi-angulation.

RESUMEN

Este trabajo presenta los fundamentos algebraicos y geométricos de la radio-localización por triangulación mediante multi-lateración y multi-angulación. La metodología empleada incluyó el uso de modelos geométricos básicos y métodos de resolución, como la linealización por secantes y la aproximación por series de Taylor, para estimaciones de posición en escenarios con resolución limitada en las mediciones y sin línea de visión entre el transmisor y el receptor. Se realizaron simulaciones computacionales para evaluar el rendimiento de cada método bajo diferentes configuraciones geométricas y condiciones de propagación, destacando las ventajas y limitaciones de cada técnica. Los resultados indicaron que la multi-lateración circular e hiperbólica presentaron buena convergencia, aunque la precisión del posicionamiento depende de factores como la resolución de las mediciones y la geometría de los nodos ancla.

Palabras-Clave: nodos ancla; nodos objetivo; triangulación; multi-lateración; multi-angulación.

1 Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9852-1362>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1114838283521313>. E-mail: rafael.campos@cefet-rj.br.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo reúne e apresenta, de forma rigorosa, os fundamentos matemáticos (algébricos e geométricos) da radiolocalização (RL) por triangulação. Além disso, investiga, por meio de simulações no software MATLAB, o impacto de parâmetros sistêmicos (por exemplo, resolução de medidas de tempo e ângulo, número máximo de estações de referência), geométricos (como disposição relativa das estações de referência e do nó-alvo) e ambientais (condições de propagação no rádioemlace em ambientes urbanos densos, urbanos e suburbanos) na acurácia da RL por triangulação. Tal esforço justifica-se pelo fato de que a triangulação, em suas diferentes formas, está por trás das estimativas de posição de uma ampla variedade de sistemas de RL, desde os sistemas globais de posicionamento e navegação via satélite – *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) –, até aplicações georreferenciadas em redes de sensores (kristalina *et al.*, 2016), redes Wi-Fi (Wireless Fidelity) (Korogodin; Dneprov; Mikhaylova, 2019), e em redes de telefonia móvel celular (Campos, 2017).

A triangulação, como o nome sugere, emprega propriedades geométricas de triângulos para produzir estimativas de posição (Paziewski *et al.*, 2021), e pode ser subdividida em duas categorias, dependendo do tipo de medição utilizada para o posicionamento: multilateração, que usa distâncias entre nós da rede, e multiangulação, que usa medidas de ângulos de chegada dos sinais.

O desempenho de todos os métodos de RL por triangulação depende fortemente de condições de propagação em linha de visada – *Non Line-Of-Sight* (NLOS) –. A ausência de visada direta – *Non Line-Of-Sight* (NLOS) – pode degradar severamente sua acurácia, ou, no caso da multiangulação, tornar impossível o seu uso. A acurácia dos métodos de RL por triangulação também é intimamente relacionada à disposição geométrica relativa dos nós-âncora (os nós de referência, cuja posição é conhecida a priori) e do nó-alvo (o nó a ser localizado). Essa relação é mais evidente no caso da multiangulação, ou localização por ângulo de chegada – *Angle of Arrival* (AOA) –, onde os nós-âncora e o nó-alvo não podem ser colineares.

A principal contribuição deste trabalho consiste na avaliação, por meio de simulações computacionais no ambiente MATLAB, do impacto de parâmetros geométricos (isto é, da disposição relativa dos nós-âncora e do nó-alvo) na acurácia da radiolocalização por triangulação. Essa abordagem permite investigar de forma quantitativa a influência desses parâmetros no desempenho do posicionamento por multilateração e multiangulação, fornecendo subsídios para o projeto e a otimização de sistemas de posicionamento baseados em técnicas de triangulação.

2 MULTILATERAÇÃO

Na triangulação por multilateração, a posição do nó-alvo é estimada usando as distâncias entre ele e os nós-âncora. Essas distâncias podem ser obtidas a partir do tempo de percurso – *Time-Of-Flight* (TOF) – ou da atenuação de propagação entre o transmissor (Tx) e o receptor (Rx). No primeiro caso, a distância é fornecida diretamente pelo produto entre o TOF e a velocidade de propagação da luz no vácuo. No segundo caso, adota-se um modelo que expressa a perda de propagação em função da distância Tx-Rx, tomando-se então a equação da função inversa, ou seja, aquela que fornece a distância em função da atenuação de propagação. A multilateração pode ser classificada como circular ou hiperbólica, com base no tipo de linha de posição – *Line of Position* (LOP) – empregada. Na multilateração circular, cada nó-âncora é o centro de uma circunferência cujo raio é denido pela estimativa de distância até o nó-alvo. Na multilateração hiperbólica, cada par de nós-âncora são os focos de uma LOP hiperbólica.

2.1 Multilateração Circular

A multilateração circular emprega LOPs circulares. O raio de cada LOP é dado pela distância entre o nó-alvo e cada nó-âncora, calculada a partir do TOF ou das perdas de propagação no percurso. O nó-alvo é uma estação móvel cuja posição deve ser determinada. Um nó-âncora é um nó estacionário ou móvel da rede, cuja posição verdadeira deve ser conhecida todo o tempo e com o máximo grau de acurácia possível. Os nós-âncora são as estações envolvidas no cálculo da posição do nó-alvo. Esse cálculo pode ser baseado na rede, quando os nós-âncora usam os sinais transmitidos pelo nó-alvo para estimar sua posição, ou baseado na estação móvel, quando o nó-alvo usa os sinais transmitidos pelos nós-âncora para calcular sua própria posição.

O centro de cada LOP está localizado nas coordenadas do nó-âncora correspondente. Conforme a Figura 1A ilustra, a interseção de duas LOPs circulares pode conter mais de um ponto. Consequentemente, para obter uma estimativa de posição bidimensional (2D) sem ambiguidade, pelo menos três nós-âncora são requeridos. No caso tridimensional (3D), como no GPS, um quarto nó-âncora faz-se necessário. Para simplificar a apresentação dos fundamentos da RL por triangulação, esta e as subseqüentes seções referem-se especificamente ao caso 2D, mas a extensão para o caso 3D é direta.

Tipicamente, devido a condições de propagação sem visada direta (NLOS) e a limitações sistêmicas, como a resolução nita das medidas de tempo e nível de sinal recebido – *Received Signal Strength* (RSS) – ou a falta de sincronização entre os nós-âncoras e alvo, as LOPs circulares não irão interceptar-se em um único ponto, o que signica que o sistema de equações não-lineares, que

representa este problema de localização, não tem solução de forma fechada (closed form). Nesse caso, a posição do nó-alvo pode ser fornecida pela solução de mínimos quadrados – *Least Squares* (LS) – do sistema de equações. Porém, como a solução LS de sistemas não-lineares pode ser computacionalmente custosa (SO, 2011), algum tipo de linearização é previamente aplicada, possibilitando o uso de LS linear – *Linear Least Squares* (LLS) – (Yang; Chen; Martin, 2011). Outra alternativa é retornar o centroide da região de conança (condence region) formada pela intersecção das LOPs como a posição estimada do nó-alvo. A região de conança define a área do plano onde o nó-alvo provavelmente está localizado.

2.1.1 Utilizando medidas de tempo de chegada

O TOF é a duração do percurso do sinal eletromagnético do transmissor até o receptor. Também é conhecido como tempo de chegada – *Time Of Arrival* (TOA) –. O TOA pode ser medido no enlace reverso (*uplink*), onde o nó-âncora estima o TOF de um sinal transmitido pelo nó-alvo, ou no enlace direto (*downlink*), quando o nó-alvo mede o TOF de um sinal transmitido pelo nó-âncora. Em ambos os casos, faz-se necessária sincronização entre os nós-âncora e o nó-alvo.

Outra abordagem, que dispensa esse requisito, é a obtenção do TOA a partir do tempo de ida e volta – *Round Trip Time* (RTT) – do sinal entre cada nó-âncora e o nó-alvo. Nesse caso, qualquer nó pode iniciar a transmissão.

Ao multiplicar o valor de TOA pela velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, aproximadamente igual à velocidade da luz no vácuo, isto é, $c = 2.998 \times 10^8$ m/s, obtém-se uma estimativa da distância entre os nós alvo e âncora. Essa distância é o raio de uma LOP circular centrada no nó-âncora. Inicialmente, o nó-alvo pode estar localizado em qualquer ponto ao longo desta LOP. Como a Figura 1A mostra, em condições hipotéticas de propagação LOS, e assumindo uma resolução infinita na medida do TOA, três LOPs circulares interceptar-se-iam em um único ponto, que seria a posição estimada do nó-alvo. Em condições NLOS, a intersecção das três LOPs fornece uma região de conança, que está hachurada na Figura 1B.

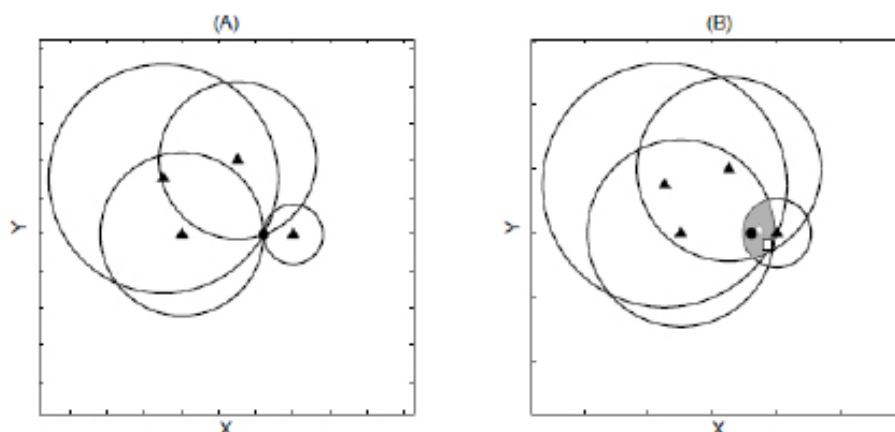


Figura 1 – Estimativas de posição usando multilateração circular em condições de propagação LOS (A) e NLOS (B). Os triângulos indicam as posições verdadeiras dos nós-âncora. A estrela indica o centroide da região de conança. O quadrado mostra a posição estimada do nó-alvo calculada usando LLS. O círculo indica a localização verdadeira do nó-alvo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 1A ilustra a geometria de uma multilateração circular em condições de propagação LOS, onde as quatro LOPs circulares interceptam-se em um único ponto. Porém, na realidade, mesmo em condições LOS, isso não ocorreria, devido à limitada resolução temporal das medidas de TOA. Consequentemente, como a Figura 2 mostra, as LOPs circulares são, na verdade, anéis circulares com largura $c\tau$, sendo τ a resolução da medida de TOA. Usualmente, τ é aproximadamente igual a $1/B$, sendo B a largura de banda do sinal. Por exemplo, para uma portadora de 20 MHz, tem-se $\tau = 50$ ns, o que resultaria em anéis circulares com 15 metros de largura. Neste cenário, mesmo sob condições LOS, não existiria um único ponto de intersecção, mas uma região de confiança em que o nó-alvo estaria localizado e que seria formada pela sobreposição dos anéis circulares, cujo centroide poderia ser usado com a estimativa de posição do nó-alvo. Quanto maior a largura de banda do sinal, menor o valor de τ , e tipicamente melhor a acurácia da multilateração circular.

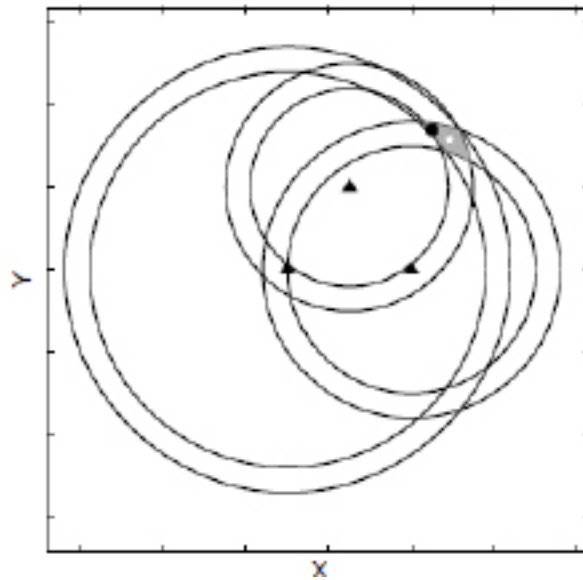


Figura 2 – LOPs na multilateração circular representadas como anéis circulares de largura $c\tau$. Os triângulos indicam as localizações verdadeiras dos nós-âncora. A estrela indica o centroide da região de conança. O círculo indica a posição verdadeira do nó-alvo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em condições NLOS e desconsiderando a resolução limitada da medida de TOA (o que é uma pressuposição razoável se $c\tau \ll d$), a estimativa da distância \hat{d}_i entre o nó-alvo e o i -ésimo nó-âncora é dada por $\hat{d}_i = c(t_i + n_i)$, onde t_i é o TOF em condições LOS (ou seja, seguindo uma linha reta entre os nós) entre o i -ésimo nó-âncora e o nó-alvo, e n_i é o atraso adicional aleatório devido às condições de propagação NLOS. Em condições LOS, $n_i = 0, \forall i, i = 1, \dots, N$, onde N é o número de nós-âncora.

A equação da circunferência centrada no i -ésimo nó-âncora e com raio \hat{d}_i é dada por $(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = \hat{d}_i^2$, onde (x_i, y_i) são as coordenadas 2D do i -ésimo nó-âncora. Para obter uma estimativa de posição do nó-alvo, pelo menos três nós-âncora são requeridos. Para o caso geral, que a Figura 1B ilustra, com $N \geq 3$, obtém-se o sistema de equações não-lineares:

$$\begin{aligned} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 &= \hat{d}_1^2 \\ &\vdots \\ (x - x_N)^2 + (y - y_N)^2 &= \hat{d}_N^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Devido à propagação NLOS, este sistema de equações não tem solução de forma fechada (*closed form*). Após a linearização, pode-se encontrar uma solução LLS. Algumas das alternativas para a linearização são expansão em séries de Taylor (truncadas após o termo linear) ou o uso de

linhas secantes. Porém, a linearização usando linhas secantes é mais simples e usualmente provê maior acurácia (Caffery, 2000).

A linearização usando linhas secantes baseia-se num princípio geométrico simples. Duas LOPs circulares podem se interceptar em dois pontos, que denem uma reta secante a ambos os círculos. A primeira equação do sistema não-linear da Eq. (1) é subtraída de todas as demais equações do sistema. Após alguma manipulação algébrica, obtém-se o sistema a seguir, com $(N - 1)$ equações lineares, onde a j -ésima equação, $j = 1, 2, \dots, (N - 1)$, representa a equação da secante denida pela interseção da primeira e da $(j + 1)$ -ésima LOPs circulares.

$$\begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ \dots & \dots \\ x_N - x_1 & y_N - y_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2 + \hat{d}_1^2 - \hat{d}_2^2 \\ \dots \\ x_N^2 - x_1^2 + y_N^2 - y_1^2 + \hat{d}_1^2 - \hat{d}_N^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Três nós-âncora produzem duas linhas secantes que interceptam-se em um único ponto, mesmo em condições de propagação NLOS, como a Figura 3A indica. A utilização do TOA de mais de três nós-âncora pode aumentar a acurácia do posicionamento, porém, para $N > 3$, o sistema de equações lineares resultante é sobre-determinado, uma vez que ele tem mais de duas equações linearmente independentes, mas apenas duas variáveis. Sistemas sobre-determinados não têm uma solução de forma fechada e, nesse caso, como a Figura 3B mostra, as linhas secantes não se interceptam em um ponto único, denindo então uma região de conança para o posicionamento.

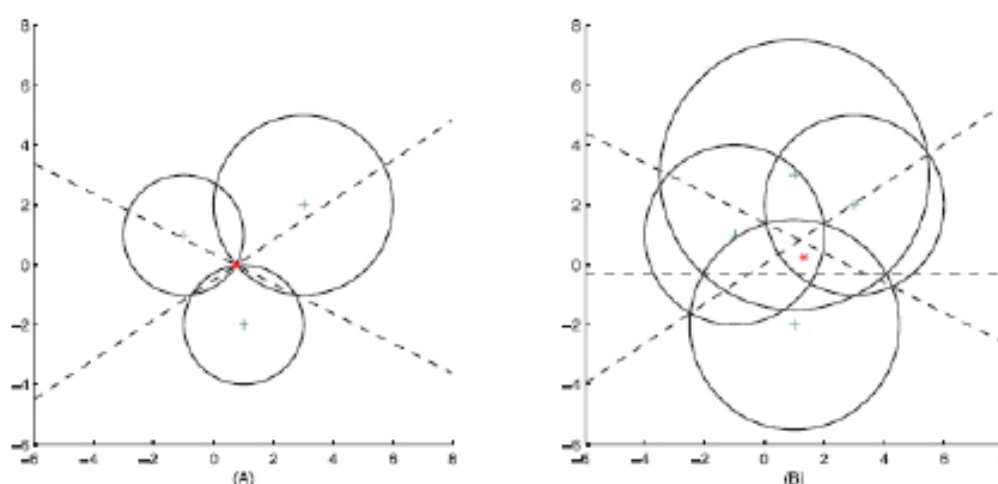


Figura 3 – Linearização usando linhas secantes com $N = 3$ (A) e $N = 4$ (B), ambas em condições NLOS.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A estimativa de posição do nó-alvo pode ser dada pelo centroide dessa região, ou pela solução LLS do sistema de equações lineares denido na Eq. (2). A solução LLS é dada por:

$$\begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} (\mathbf{U}^T \mathbf{U})^{-1} \mathbf{U}^T \hat{\mathbf{V}} \quad (3)$$

onde

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ \dots & \dots \\ x_N - x_1 & y_N - y_1 \end{bmatrix}, \quad \hat{\mathbf{V}} = \begin{bmatrix} x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2 + \hat{d}_1^2 - \hat{d}_2^2 \\ \dots \\ x_N^2 - x_1^2 + y_N^2 - y_1^2 + \hat{d}_1^2 - \hat{d}_N^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

O desempenho de métodos TOA em condições NLOS pode ser avaliado por simulações computacionais. Para tal, faz-se necessário modelar estatisticamente o atraso adicional devido à propagação NLOS. Considerando o cenário de uma rede de telefonia móvel celular, a comunicação full-duplex é implementada por duplexação por divisão de frequência – *Frequency Division Multiplexing* (FDD) –, onde utilizam-se faixas de frequência distintas para transmissão e recepção simultâneas de dados. Nas redes celulares, a separação entre as frequências dos enlaces direto (*downlink*) e reverso (*uplink*) é suficientemente grande (maior ou igual a 45 MHz) para que se possa assumir independência entre os múltiplos percursos de propagação nos dois enlaces, para qualquer posição do nó-alvo. Assim, os valores médios dos atrasos de propagação dos múltiplos percursos no *downlink* ($\tau_{m,d}$) e *uplink* ($\tau_{m,u}$) podem ser tratados como variáveis aleatórias independentes (Campos; Lovisolo, 2009). Seus valores são sempre positivos, uma vez que a propagação NLOS sempre resulta em uma *bias* positivo na estimativa de TOA. Em ambos os enlaces, o atraso médio τ_m pode ser modelado como uma variável aleatória com distribuição log-normal, isto é:

$$\tau_m = k T_0 D^\epsilon X \quad (5)$$

onde k é a constante de proporcionalidade entre τ_m e τ_{rms} , que é a raiz média quadrática – *Root Mean Square* (RMS) – do atraso adicional de propagação, T_0 é o valor médio de τ_{rms} para $D=1$ km, D é a distância em quilômetros entre os nós alvo e de referência, e ϵ é uma constante. X é uma variável aleatória com distribuição log-normal a uma distância D , de tal modo que $\ln(X)$ tem distribuição normal com média zero e desvio padrão σ . Os valores de T_0 , k , ϵ e σ dependem do tipo de ambiente

de propagação (Yangseok; Heungryeol; Chungyong, 2001). Para um conjunto de n observações (isto é, componentes de multipercurso recebidas),

$$\tau_{rms} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i^2 (\tau_i - \tau_a)^2}{P_t}}, \quad (6)$$

onde α_i e τ_i são a amplitude e atraso da i -ésima componente de multipercurso, e P_t é a potência total do perl de atraso, dada por

$$P_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i^2. \quad (7)$$

O parâmetro τ_a é o momento de primeira ordem dos atrasos de multipercurso, dado por

$$\tau_a = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i^2 \tau_i}{P_t}. \quad (8)$$

Se o TOA é medido no enlace direto ou reverso, então a Eq. (5) pode ser aplicada diretamente na modelagem do atraso adicional NLOS. Se o TOA é obtido a partir de medidas de RTT, então o atraso médio adicional pode ser dado por (Campos; Lovisolo, 2009):

$$\tau_m = \frac{\tau_{m,d} + \tau_{m,u}}{2} = \frac{kT_0 d_i^\epsilon (X_d + X_u)}{2} \quad (9)$$

onde $\tau_{m,d}$ e $\tau_{m,u}$ são os atrasos médios adicionais no *downlink* e *uplink*, respectivamente e X_d e X_u são variáveis aleatórias log-normais independentes a uma distância d_i , ambas como média zero e desvio padrão σ .

As Figuras 4 e 5 ilustram os mapas de erro médio de localização em condições NLOS para dois conjuntos de nós-âncora. Na Figura 4, os nós-âncora ocupam os vértices de um triângulo equilátero, enquanto na Figura 5 eles são quase colineares. Cada mapa representa uma região de 500 × 500 m², com resolução de 10 metros. Para construção do mapa, posicionou-se o nó-alvo sobre cada pixel, calculando-se então o erro médio de 10 estimativas de posição (logo, para cada mapa foi calculado um total de 50×50×10 = 25000 estimativas de posição). O atraso adicional NLOS foi modelado usando a Eq. (9) com $k = 0.5$, $T_0 = 0.28 \mu s$, $\sigma = 2 \text{ dB}$, $\epsilon = 0.5$. A localização retornada pelo método é o centroide da região de conança delimitada pela interseção das LOPs circulares.

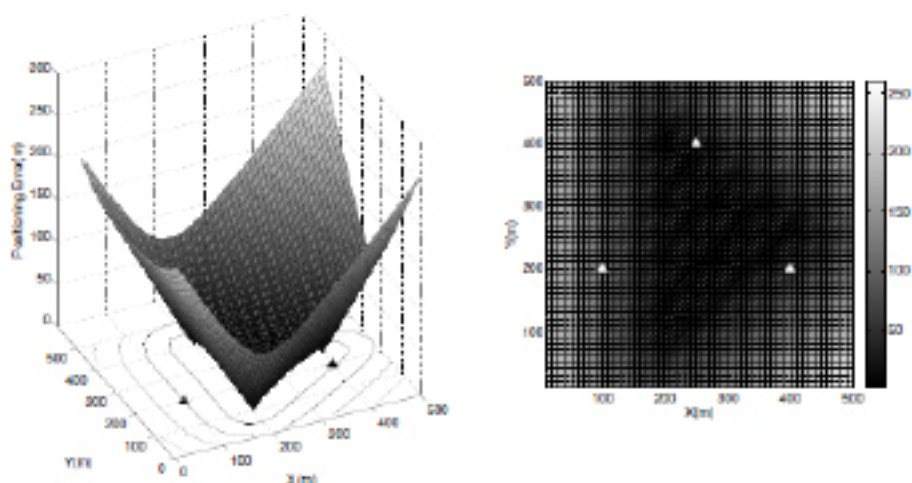


Figura 4 – Mapa de erro médio do posicionamento TOA usando o centroide da região de conança. Os nós-âncora (triângulos) estão dispostos formando um triângulo equilátero.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

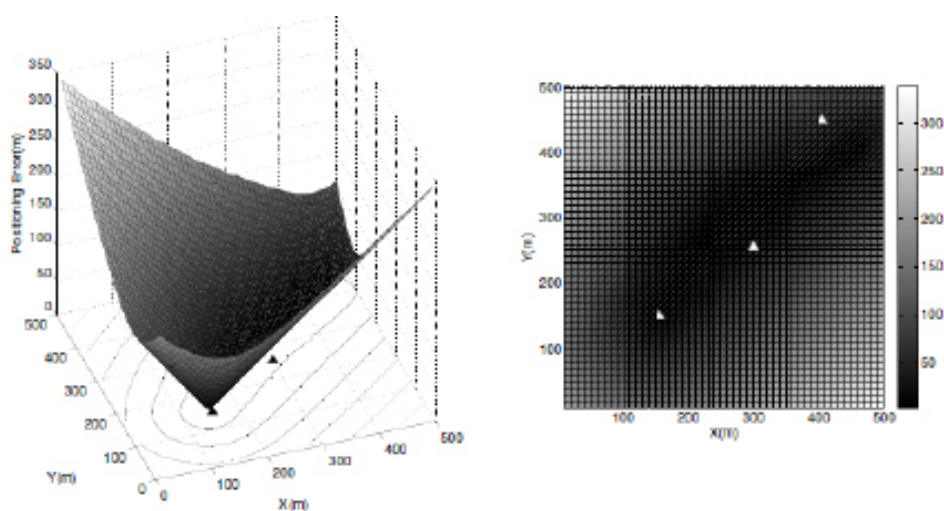


Figura 5 – Mapa de erro médio do posicionamento TOA usando o centroide da região de conança. Os nós-âncora (triângulos) são aproximadamente colineares.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As Figuras 4 e 5 mostram que o erro médio de localização é menor quando o nó-alvo está situado dentro do polígono convexo formado pelos nós-âncora. No segundo mapa, onde os nós-âncora são aproximadamente colineares, isto significa que o erro é menor ao longo da reta de melhor ajuste das posições dos nós-âncora. Em ambos os casos, quanto maior a distância entre o nó-alvo e os nós-âncora, maior o erro de localização. Ou seja, a acurácia do posicionamento TOA depende da disposição geográfica relativa dos nós (alvo e âncoras), e será degradada em áreas com baixa densidade de nós-âncora.

2.1.2. Usando Medidas de Nível de Sinal Recebido

Se a potência média da estação transmissora é aproximadamente constante, e se o RSS pode ser medido na estação receptora, então é possível estimar a distância entre as estações a partir da atenuação de propagação no rádio-enlace. Para tal, a perda de propagação deve ser expressa como uma função f da distância. Uma vez denida f , a distância entre o transmissor e o receptor pode ser calculada pela função inversa $g = f^{-1}$, que fornece a distância em função da perda de propagação.

O ponto de partida é a equação de balanço de potência do enlace (*link power budget*) entre o i -ésimo nó-âncora e o nó-alvo, que é denida na escala logarítmica por

$$P_{t,i} - L_{t,i} + G_{t,\theta,\phi,i} - L_{p,i} + G_{r,(\theta\pm\pi),(\phi\pm\pi),i} - L_{r,i} = \text{RSS}_{i,i} \quad (10)$$

onde $P_{t,i}$ é a potência (dBm) de transmissão do i -ésimo nó-âncora; $L_{t,i}$ e $L_{r,i}$ são as perdas (dB) no transmissor e receptor, respectivamente; $G_{t,\theta,\phi,i}$ e $G_{r,(\theta\pm\pi),(\phi\pm\pi),i}$ são os ganhos (dB) das antenas transmissora e receptora, respectivamente, na direção especificada pelo ângulo horizontal θ e pelo ângulo vertical ϕ , conforme ilustrado pela Figura 6.

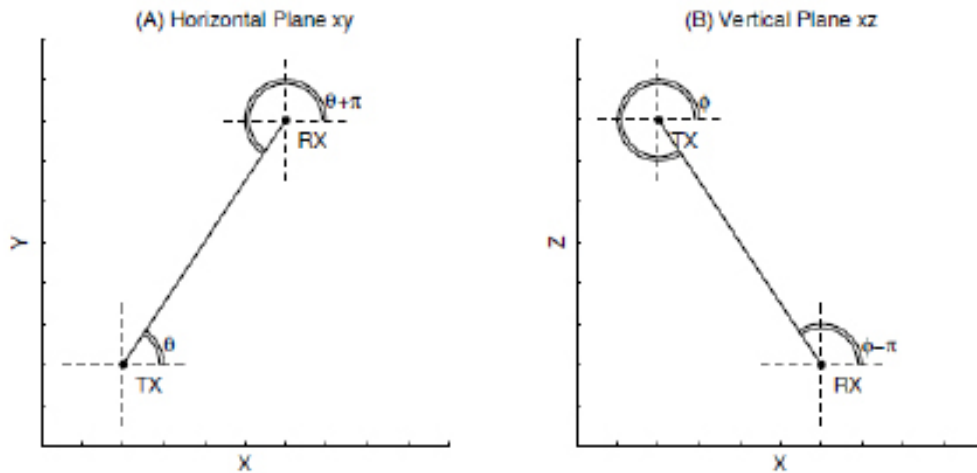


Figura 6 – Ângulos (A) horizontal (ângulo θ , plano xy) e (B) vertical (ângulo ϕ , plano xz) denindo os percursos 3D LOS conectando dois nós.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os valores de $G_{t,\theta,\phi,i}$ e $G_{r,(\theta\pm\pi),(\phi\pm\pi),i}$ dependem dos diagramas de radiação das antenas. $L_{p,i}$ é a atenuação (dB) de propagação entre o i -ésimo nó-âncora e o nó-alvo. Isolando o termo da perda de propagação, obtém-se

$$L_{p,i} = P_{t,i} - \text{RSS}_{i,i} - L_{t,i} - L_{r,i} + G_{t,\theta,\phi,i} + G_{r,(\theta\pm\pi),(\phi\pm\pi),i} \quad (11)$$

Em seguida, é necessário definir um modelo matemático de propagação que expresse $L_{p,i}$ como uma função f da distância d_i entre o nó-alvo e o i -ésimo nó-âncora. A inversa desta função, $g = f^{-1}$, fornece a distância \hat{d}_i em função da perda de propagação $L_{p,i}$, ou seja, $\hat{d}_i = g(L_{p,i}) = f^{-1}(L_{p,i})$. Um dos mais simples modelos de propagação é o modelo de perda log-normal (Lee; Buehrer, 2011), denido por

$$L_{p,i} = f(d_i) = L_{d_0} + 10n \log_{10}(d_i/d_0) + \chi_\sigma, \quad (12)$$

onde L_{d_0} é a atenuação de propagação, a uma distância de referência d_0 transmissor, e n é o expoente da perda de propagação. O termo χ_σ é revelado a partir de uma distribuição Gaussiana, com média nula e desvio padrão σ (Fan; Du, 2022), e representa a perda randômica por sombreamento, devido à presença de obstáculos ao longo do rádioenlace.

A equação do modelo log-normal expressa a perda média de propagação em função da distância. Para obter sua inversa, basta isolar o termo da distância. Tem-se então a estimativa para a distância Tx-Rx dada por

$$\hat{d}_i = g(L_{p,i}) = d_0 \times 10^{(L_{p,i} - L_{d_0} - \chi_\sigma)/10n}. \quad (13)$$

A distância de referência d_0 e o expoente de perda de propagação n podem ser empiricamente ajustados para diferentes frequências de transmissão e ambientes de propagação (Stüber, 2017).

O modelo de propagação empírico de Okumura-Hata é um dos mais amplamente empregados para predição de rádiopropagação em enlaces ponto-área nas bandas VHF (Very-High Frequency) e UHF (Ultra-High Frequency) em ambientes urbanos e suburbanos (Hata, 1980). A perda média de propagação deste modelo para ambientes urbanos é dada por

$$L_{p,i} = 69.55 + 26.16 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_b) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)) \log_{10}(d_i) \quad (14)$$

onde f é a frequência central da portadora ($150 \leq f \leq 1500$ MHz), h_m e h_b são as alturas efetivas das antenas da estação móvel e da estação rádio-base, respectivamente ($1 \leq h_m \leq 10$ m; $30 \leq h_b \leq 200$ m); $a(h_m)$ é o fator de correção para h_m , que é zero para $h_m = 1.5$ metros. Isolando o termo d_i e assumindo $h_m = 1.5$ metros, obtém-se:

$$\hat{d}_i = 10^{(L_{p,i} - 69.55 - 26.16 \log_{10}(f) + 13.82 \log_{10}(h_b)) / (44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b))} \quad (15)$$

Uma vez estimadas as distâncias \hat{d}_i , $i = 1, 2, \dots, N$, um sistema de equações não-lineares como o da Eq. (1) é obtido. Sua solução numérica aproximada pode ser obtida do mesmo modo que no posicionamento TOA, utilizando a solução LLS dada pela Eq. (3).

A multilateração circular baseada em RSS tem a vantagem de não requerer sincronização entre os nós-âncora e o nó-alvo, como é o caso no posicionamento TOA. Porém, estimar de modo preciso a perda de propagação no enlace, mesmo quando um modelo empírico cuidadosamente calibrado é empregado, é difícil, pois, como a posição do nó-alvo não é conhecida a priori, não é possível saber os valores dos ângulos θ e ϕ (ver Figura 6). Consequentemente, não é possível calcular a potência isotrópica efetivamente irradiada – *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) – pela antena transmissora na direção do nó-alvo, que é denida por $EIRP = P_{t,i} - L_{t,i} + G_{t,\theta,\phi,i}$. Note-se que a denição da EIRP envolve os 3 primeiros termos da Eq. (10). Essa imprecisão intrínseca no cálculo da EIRP na direção de interesse reetir-se-á no cálculo da atenuação de propagação, o que por sua vez resultará em degradação da acurácia do posicionamento baseada nas medidas de RSS. Além disso, os obstáculos eventualmente bloqueando a linha de visada direta entre o nó-alvo e o nó-âncora também não podem ser conhecidos a priori, pois a posição do nó-alvo não é conhecida. Tais obstruções introduzem perdas adicionais de propagação, o que resultará em uma super-estimação da distância entre os nós transmissor e receptor. Essas limitações (isto é, o desconhecimento da EIRP na direção do nó-alvo e dos obstáculos no percurso de visada direta entre o nó-âncora e o nó-alvo) resultam em grandes erros de localização quando utilizando a multilateração circular baseada em RSS, exceto em ambientes bem controlados (Vallet *et al.*, 2013).

2.2 Multilateração Hiperbólica

A multilateração hiperbólica é um tipo de localização por diferença de distância – *Range Difference Location* (RDL) –. Nela, a diferença de tempo de chegada – *Time Difference of Arrival* (TDOA) – entre os sinais de dois nós-âncora, recebidos no nó-alvo, multiplicada pela velocidade de propagação das ondas de rádio, fornece a diferença das distâncias entre o nó-alvo e cada um dos dois nós-âncora. Essa diferença define uma LOP hiperbólica cujos focos estão localizados nos dois nós-âncora. A estimativa de posição do nó-alvo é obtida pela interseção das LOPs hiperbólicas. No entanto, duas hipérboles podem se interceptar em dois pontos distintos, sendo portanto necessária uma terceira hipérbole para fornecer uma estimativa não ambígua. Como cada par de nós-âncora gera uma hipérbole, são necessárias pelo menos quatro estações de referência.

A multilateração hiperbólica, ou posicionamento TDOA, apresenta uma vantagem em relação aos sistemas baseados em TOA, pois não exige sincronização rigorosa entre o nó-alvo e os nós-âncora. A sincronização é necessária apenas entre as estações âncora envolvidas na determinação da posição. O TDOA é um dos métodos de posicionamento suportados por redes celulares de terceira geração (3GPP, 2001), além de ser usada na rede terrestre eLORAN (Enhanced Long-Range

Navigation), que é um sistema de navegação que emprega uma rede de transmissores de baixa frequência (90 a 110 KHz) e que serve como backup para sistemas GNSS (Yang *et al.*, 2025).

A Figura 7A apresenta três nós-âncora e duas hipérboles (LOP12 e LOP13). Os nós-âncora 1 e 2 estão situados nos focos da primeira hipérbole (LOP12), enquanto os nós 1 e 3 estão nos focos da segunda (LOP13). Uma terceira hipérbole é denida pelos nós 2 e 3. A Figura 7B ilustra o efeito da resolução nita das medições de TDOA: as LOPs hiperbólicas tornam-se regiões hiperbólicas. A estimativa da posição do nó-alvo pode ser obtida pelo centroide da região de conança formada pela interseção das duas regiões hiperbólicas.

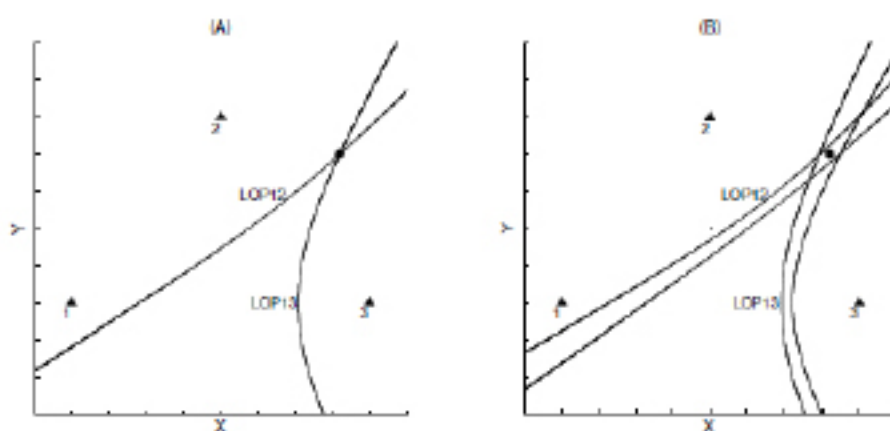


Figura 7 – Multilateração hiperbólica, considerando resolução temporal (A) innita e (B) - nita. Os triângulos indicam as coordenadas (ground-truth) dos nós-âncora. O círculo indica a posição estimada do nó-alvo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O TDOA pode ser medido no *uplink* ou no *downlink*. Para simplificar a exposição, considerar-se-á somente a última alternativa. Porém, o procedimento para as medições no *uplink* é análogo. Seja Δt_{ij} o TDOA, medido em condições LOS no nó-alvo, entre os sinais do i -ésimo e j -ésimo nós-âncora, $i \neq j$; $i, j = 1, \dots, N$, esse N é o número de nós-âncora. Seja \hat{d}_i a distância estimada (em condições NLOS) entre o nó-alvo e o i -ésimo nó-âncora, desconsiderando a resolução finita das medidas de TDOA, tem-se $\Delta \hat{r}_k = (\hat{d}_i - \hat{d}_j) = c (\Delta t_{ij} + n_{ij})$, onde c é a velocidade da luz no espaço livre, n_{ij} é o ruído aditivo na medida de Δt_{ij} (isto é, o atraso adicional devido à propagação NLOS), e $k = 1, \dots, M$, onde M é o número de LOPs hiperbólicas. Note-se que, como cada par de nós-âncora dene uma hipérbole, esse número é igual à quantidade de combinações de N elementos tomados 2 a 2. A matriz $M \times 1$ de diferenças de distâncias é denida por:

$$\Delta \hat{\mathbf{R}} = \begin{bmatrix} c(\Delta t_{12} + n_{12}) \\ c(\Delta t_{13} + n_{13}) \\ \vdots \\ c(\Delta t_{1M} + n_{1M}) \\ c(\Delta t_{23} + n_{23}) \\ \vdots \\ c(\Delta t_{(M-1)M} + n_{(M-1)M}) \end{bmatrix} = c\Delta \mathbf{T} + \mathbf{N} \quad (16)$$

onde $\Delta \mathbf{T}$ é a matriz de valores de TDOA em condições LOS, dada por:

$$\Delta \mathbf{T} = [\Delta t_{12} \ \Delta t_{13} \ \dots \ \Delta t_{1M} \ \Delta t_{23} \ \dots \ \Delta t_{(M-1)M}]^T \quad (17)$$

e $\mathbf{N} = c [n_{12} \ n_{13} \ \dots \ n_{1M} \ n_{23} \ \dots \ n_{(M-1)M}]^T$ é a matriz dos erros nas estimativas de distância devido ao atraso adicional introduzido pelas condições de propagação NLOS.

A equação da hipérbole cujos focos estão situados no i -ésimo e j -ésimo nós-âncora, $i \neq j$, é dada por $\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2} = c\Delta t_{ij}$, onde $[x_i \ y_i]^T$ são as coordenadas *ground-truth* da i -ésima e j -ésima estações de referência, e $\mathbf{S} = [x \ y]^T$ são as coordenadas *ground-truth* do nó-alvo. Para uma localização nãoambígua, pelo menos 4 nós-âncora são requeridos. Para o caso geral, com $N \geq 4$, obtém-se o sistema de equações não-lineares:

$$\mathbf{F}(\mathbf{S}) = c\Delta \mathbf{T} \quad (18)$$

onde

$$\mathbf{F}(\mathbf{S}) = \begin{bmatrix} \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} - \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} \\ \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} - \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \\ \vdots \\ \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} - \sqrt{(x - x_M)^2 + (y - y_M)^2} \\ \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} - \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \\ \vdots \\ \sqrt{(x - x_{(M-1)})^2 + (y - y_{(M-1)})^2} - \sqrt{(x - x_M)^2 + (y - y_M)^2} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Substituindo a Eq. (18) na Eq. (16), e isolando o vetor de erro, obtém-se:

$$\mathbf{N} = \Delta \hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\mathbf{S}) \quad (20)$$

Devido às condições de propagação sem linha de visada, o sistema de equações da Eq. (18) não tem solução exata, ou seja, as hipérboles não se interceptam em um único ponto. Nesse caso, a posição do nó-alvo pode ser estimada pela solução LS do sistema não-linear. A solução LS $\hat{\mathbf{S}} = [\hat{x} \ \hat{y}]^T$ é aquela que minimiza o erro quadrático $\mathbf{N}^T \mathbf{N}$, isto é:

$$\hat{\mathbf{S}} = \arg \min_{\mathbf{S}} \left\{ \left(\Delta \hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\mathbf{S}) \right)^T \left(\Delta \hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\mathbf{S}) \right) \right\} \quad (21)$$

Há diferentes abordagens para a solução deste problema. Gustafsson e Gunnarsson (2003) aplicam um método de posicionamento baseado em simulação de Monte Carlo e um algoritmo de busca por gradiente, formulado no contexto de LS não-lineares, ao problema de localização baseada em TDOA. Porém, como indicado na Seção 2.1, a solução LS não-linear pode ser computacionalmente custosa. Assim, alguma forma de linearização do sistema da Eq. (18) é desejável.

A linearização pelo uso de linhas secantes usada na Seção 2.1.1 para o posicionamento baseado em TOA não é aplicável nesse caso. Assim, a linearização será implementada através da expansão em Séries de Taylor (Buehrer; Venkatesh, 2011). Esse é um método iterativo, que requer uma estimativa inicial $\hat{\mathbf{S}}_0 = [\hat{x}_0 \ \hat{y}_0]$ para a posição do nó-alvo. Cada equação é linearizada após a eliminação dos termos não-lineares da série. A expansão em Série de Taylor, da função $F_k(\mathbf{S})$, $k = 1, 2, \dots, M$, após a eliminação dos termos não-lineares e usando a estimativa inicial $\hat{\mathbf{S}}_0$, é dada por:

$$F_k(\mathbf{S}) \approx F_k(\hat{\mathbf{S}}_0) + \frac{\partial F_k(\mathbf{S} = \hat{\mathbf{S}}_0)}{\partial x} (x - \hat{x}_0) + \frac{\partial F_k(\mathbf{S} = \hat{\mathbf{S}}_0)}{\partial y} (y - \hat{y}_0), \quad (22)$$

obtém-se então uma aproximação linear para o vetor \mathbf{F} , dada por:

$$\mathbf{F}(\mathbf{S}) \approx \mathbf{F}(\hat{\mathbf{S}}_0) + \mathbf{H}(\mathbf{S} - \hat{\mathbf{S}}_0) \quad (23)$$

onde a matriz $\mathbf{H}_{M \times 2}$ é denida por:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1(\mathbf{S} = \hat{\mathbf{S}}_0)}{\partial x} & \frac{\partial F_1(\mathbf{S} = \hat{\mathbf{S}}_0)}{\partial y} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{\partial F_M(\mathbf{S} = \hat{\mathbf{S}}_0)}{\partial x} & \frac{\partial F_M(\mathbf{S} = \hat{\mathbf{S}}_0)}{\partial y} \end{bmatrix}, \quad (24)$$

Substituindo a Eq. (23) na Eq. (20), obtém-se:

$$\mathbf{N} = \Delta\hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\hat{\mathbf{S}}_0) - \mathbf{H}(\mathbf{S} - \hat{\mathbf{S}}_0) = (\Delta\hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\hat{\mathbf{S}}_0) + \mathbf{H}\hat{\mathbf{S}}_0) - \mathbf{H}\mathbf{S} \quad (25)$$

onde o primeiro termo

$$\Delta\tilde{\mathbf{R}} = \Delta\hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\hat{\mathbf{S}}_0) + \mathbf{H}\hat{\mathbf{S}}_0 \quad (26)$$

é função da estimativa inicial $\hat{\mathbf{S}}_0$ e de $\Delta\hat{\mathbf{R}}$. O vetor \mathbf{N} pode então ser expresso por:

$$\mathbf{N} = \Delta\tilde{\mathbf{R}} - \mathbf{H}\mathbf{S}. \quad (27)$$

Substituindo a Eq. (27) na Eq. (21), obtém-se:

$$\hat{\mathbf{S}} = \arg \min_{\mathbf{S}} \left\{ (\Delta\tilde{\mathbf{R}} - \mathbf{H}\mathbf{S})^T (\Delta\tilde{\mathbf{R}} - \mathbf{H}\mathbf{S}) \right\}. \quad (28)$$

A solução LLS da Eq. (28) é dada por:

$$\hat{\mathbf{S}} = (\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \Delta\tilde{\mathbf{R}}. \quad (29)$$

Substituindo a Eq. (26) na Eq. (29), tem-se:

$$\hat{\mathbf{S}} = (\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T (\Delta\hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\hat{\mathbf{S}}_0) + \mathbf{H}\hat{\mathbf{S}}_0) = \hat{\mathbf{S}}_0 + (\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T (\Delta\hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\hat{\mathbf{S}}_0)). \quad (30)$$

Então, da estimativa inicial $\hat{\mathbf{S}}_0$ obtém-se outra estimativa $\hat{\mathbf{S}}$, que, se o processo iterativo for convergente (como ilustrado na Figura 8), estará mais próxima da solução ótima do problema de minimização.

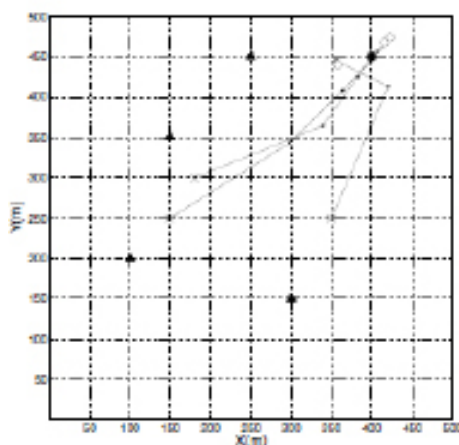


Figura 8 – Multilateração hiperbólica usando LLS com linearização por Série de Taylor: a gura mostra a convergência do método iterativo para três estimativas iniciais de posição (x). As soluções são indicadas pelos círculos brancos. As coordenadas verdadeiras (ground-truth) dos nós-âncora são indicadas por triângulos negros, e do nó-alvo por um círculo negro. O atraso adicional NLOS foi calculado usando a Eq. (9) com parâmetros $k = 0.5$, $T_0 = 0.28 \mu s$, $\sigma = 2 \text{ dB}$, $\epsilon = 0.5$.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Este processo iterativo pode ser descrito por:

$$\hat{\mathbf{S}}[n+1] = \hat{\mathbf{S}}[n] + (\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T (\Delta \hat{\mathbf{R}} - \mathbf{F}(\hat{\mathbf{S}}[n])). \quad (31)$$

A solução LLS com linearização por Série de Taylor tem uma complexidade computacional inferior àquela de abordagens LS não-lineares (Lee; Buehrer, 2011), porém, por ser um processo iterativo, requer uma estimativa inicial para a localização do nó-alvo. A Figura 9 traz uma análise da convergência desse processo, para três diferentes disposições geométricas dos nós-âncora (triângulos brancos): irregular (A,B), aproximadamente colinear (C,D), e formando um quadrado (E,F). Para construção do mapa, selecionou-se uma posição (*ground-truth*) para o nó-alvo (círculo branco) dentro (A,C,E) e fora (B,D,F) do polígono convexo formado pelos nós-âncora. Cada mapa representa uma região de $500 \times 500 \text{ m}^2$, com resolução de 1 metro, e foi construído assumindo o i -ésimo pixel, $i = 1, \dots, 250000$, como a estimativa inicial para o método iterativo, calculando então o erro médio de 10 estimativas de posição, modelando o atraso adicional NLOS em cada uma delas como uma variável aleatória, segundo a Eq. (9), com $k = 0.5$, $T_0 = 0.28 \mu s$, $\sigma = 2 \text{ dB}$, $\epsilon = 0.5$. A convergência depende da geometria do problema, e uma estimativa inicial que leva à convergência numa conguração, não necessariamente terá o mesmo resultado em outra. Porém, os mapas de convergência indicam que, independentemente das localizações verdadeiras relativas dos nós-âncora e alvo, se o centroide do polígono convexo formado pelos nós-âncora for usado como estimativa inicial para a localização

do nó-alvo, o processo iterativo irá convergir. Mesmo que não se possa afirmar que isso se verificará para qualquer configuração geométrica dos nós, os resultados ilustrados pela Figura 9 sugerem que essa será uma boa estimativa inicial.

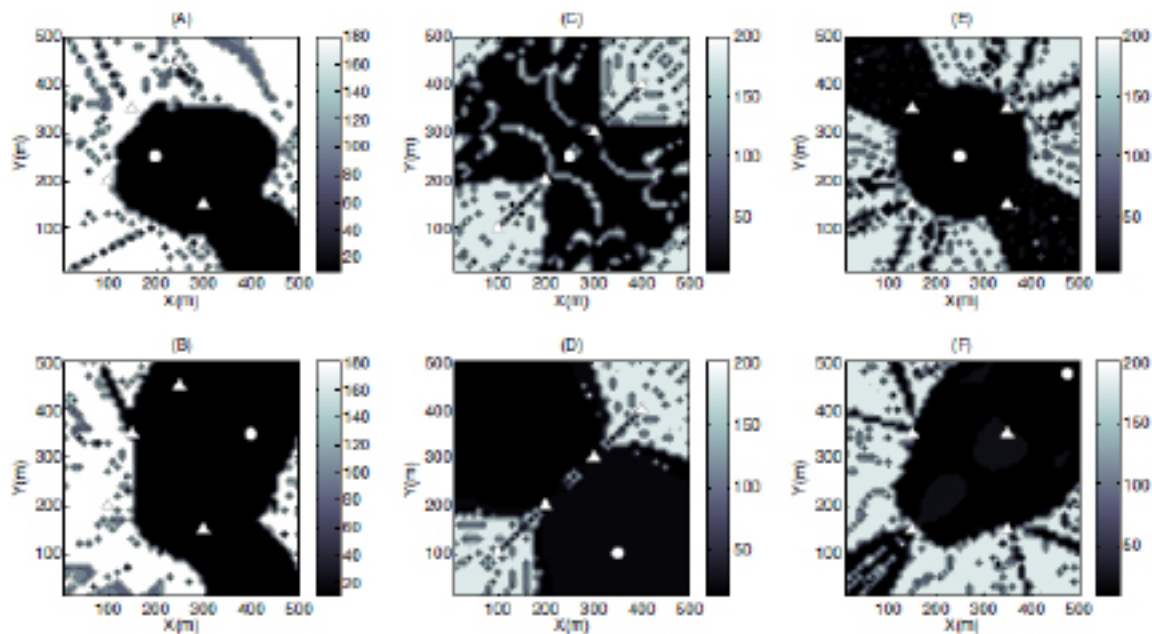


Figura 9 – Análise da convergência do método LLS, com linearização por Série de Taylor, para a localização por multilateração hiperbólica. Os *pixels* escuros indicam as coordenadas $S_0 = (x_0, y_0)$, $x_0 \in [1, 2, 3, \dots, 500]$ e $y_0 \in [1, 2, 3, \dots, 500]$, que, quando usadas como estimativas iniciais de posição para o nó-alvo, resultam em convergência do método iterativo para a posição verdadeira (ou sua vizinhança) do nó-alvo. Fora dessa região de convergência, o erro na localização é muito alto, sendo por isso representado na escala logarítmica, ou seja, $10 \log_{10}$ e (*m*)

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As Figuras 10 e 11 trazem os mapas de erro da localização TDOA em condições NLOS para duas configurações geométricas distintas dos nós-âncora. Esses mapas foram construídos sobre a mesma região, com a mesma resolução, e usando os mesmos parâmetros para a modelagem estatística do atraso adicional NLOS que os mapas das Figuras 4 e 5. Na Figura 10, os nós-âncora formam um quadrado. Na Figura 11, os nós-âncora são colineares. As estimativas de posição foram produzidas usando LLS com linearização por Série de Taylor, sempre adotando como estimativa inicial do processo iterativo o centroide do polígono convexo formado pelos nós-âncora.

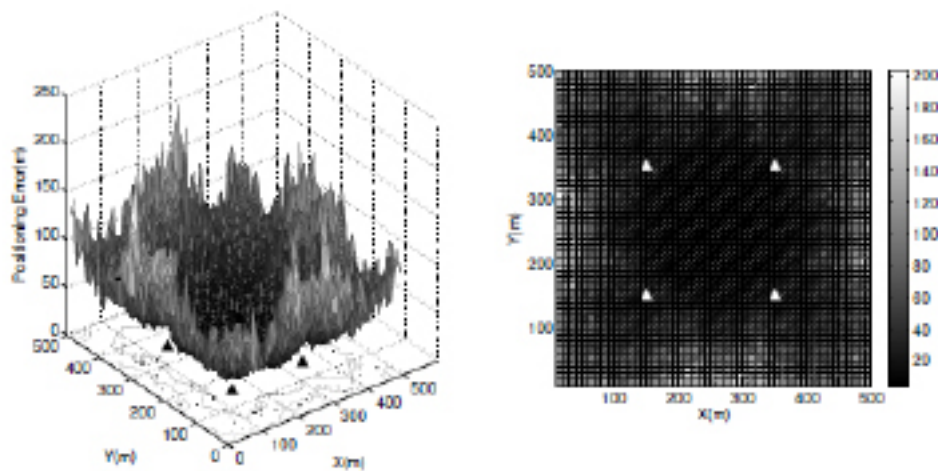


Figura 10 – Mapa de erro do posicionamento TDOA usando LLS com linearização por série de Taylor. Os nós-âncora (triângulos brancos) ocupam os vértices de um quadrado.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

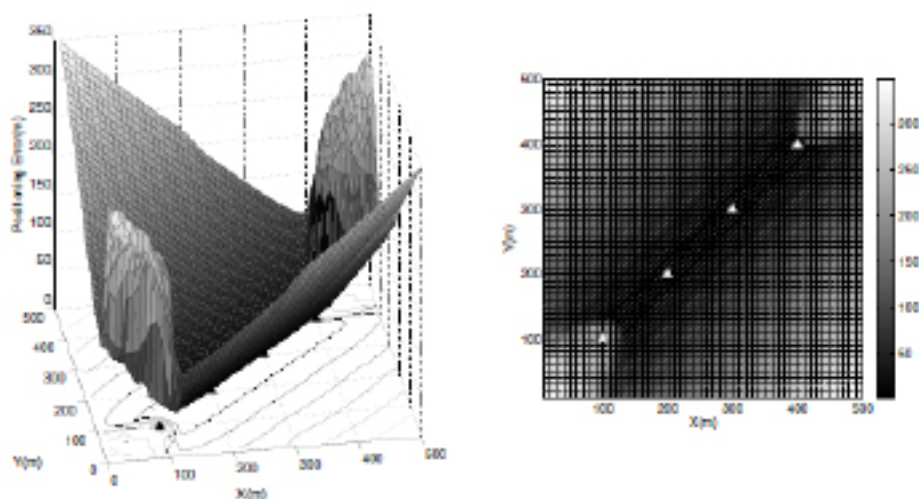


Figura 11 – Mapa de erro do posicionamento TDOA usando LLS com linearização por série de Taylor. Os nós-âncora (triângulos brancos) são colineares.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As Figuras 10 e 11 mostram que o erro médio de localização é menor quando o nó-alvo está situado no interior do polígono convexo formado pelos nós-âncora. No segundo mapa, onde os nós-âncora são dispostos linearmente, isso significa que o erro será menor ao longo da reta, conectando os nós-âncora. Em ambos os casos, quanto maior a distância entre o nó-alvo e os nós-âncora, maior o erro médio de posicionamento. Consequentemente, o posicionamento TDOA terá pior desempenho em áreas com baixa densidade de estações de referência, especialmente se o nó-alvo

estiver situado fora do polígono convexo formado pelos nós-âncora. Note-se que essas conclusões são análogas às alcançadas na Seção 2.1.

3 MULTIANGULAÇÃO

O posicionamento por multiangulação emprega medidas de AOA para estimar a posição do nó-alvo. Com os ângulos em relação a duas estações âncora, a localização do nó-alvo é dada pela interseção das LOPs lineares – *Linear LOPs* (LLOPs) – conectando o nó-alvo a cada nó-âncora. A Figura 12A ilustra a geometria do posicionamento AOA.

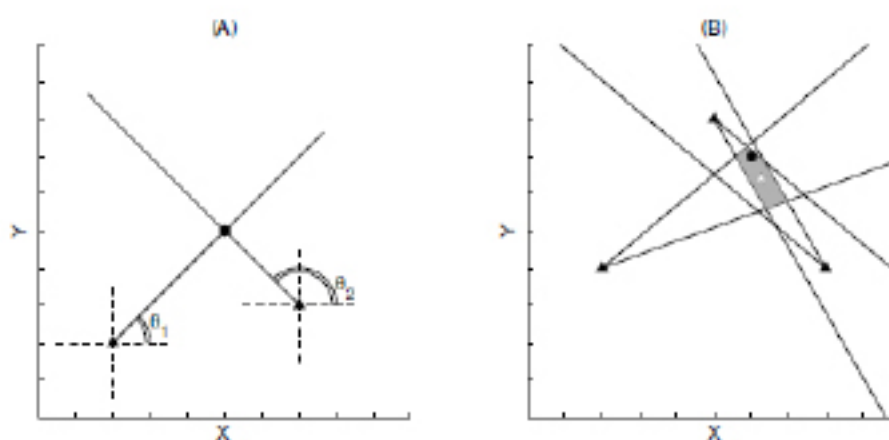


Figura 12 – Multiangulação em condições LOS com resolução angular: (A) innita as LLOPs interceptam-se em um único ponto, que é a posição verdadeira do nó-alvo; (B) - nita o círculo negro indica a posição verdadeira, e a estrela branca a posição estimada do nó-alvo (centroide da região de conança). Os triângulos negros indicam as posições verdadeiras dos nós-âncora.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O sinal do nó-alvo é recebido pelos dois nós-âncora com ângulos ϕ_1 e ϕ_2 . As coordenadas verdadeiras dos nós-âncora são (x_1, y_1) e (x_2, y_2) . Em condições de propagação LOS, as coordenadas estimadas do nó-alvo (\hat{x}, \hat{y}) são dadas por:

$$\begin{aligned}\hat{x} &= [(x_2 \tan \theta_2 - x_1 \tan \theta_1) - (y_2 - y_1)] / (\tan \theta_2 - \tan \theta_1) \\ \hat{y} &= [(x_2 - x_1) \tan \theta_1 \tan \theta_2 + (y_1 \tan \theta_2 - y_2 \tan \theta_1)] / (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)\end{aligned}\quad (32)$$

onde x_1, x_2, y_1, y_2 estão em metros e θ_1, θ_2 em radianos. Uma estimativa de posição AOA não é possível se os dois nós-âncora e o nó-alvo forem colineares. Nesse caso, $\tan \theta_1 = \tan \theta_2 = 0$, e os denominadores de ambos os termos na Eq. (32) são nulos.

Como ilustrado pela Figura 12A, em condições LOS, as LLOPs interceptam-se em um único ponto e a Eq. (32) pode ser usada para cada par de nós-âncora. Porém, mesmo em condições LOS,

a resolução angular nítida das medidas de AOA deve ser levada em consideração. Nesse cenário, as LLOPs não se interceptam em um único ponto. Ao invés de linhas, cada medida de AOA define uma seção angular. A Figura 12B representa essa situação em que a interseção dessas seções angulares produz uma região de confusão, cujo centroide é tomado como estimativa da posição do nó-alvo.

Sistemas de localização e navegação baseado em multiangulação, como, o VOR (VHF Omnidirectional Range), assumem condições LOS para operar (Bensky, 2016). De fato, esse método não é utilizável, a menos que haja pelo menos uma componente de visada direta. Em condições NLOS, obstáculos atenuam a componente LOS e geram componentes de múltiplo percurso, efeitos esses que afetam severamente o funcionamento de sistemas de localização baseados em AOA. Nas situações em que a medida de AOA é realizada no *uplink*, reflexões em obstáculos mais próximos dos nós-âncora têm um efeito mais nocivo que aqueles próximos ao nó-alvo, pois causam maior espalhamento angular na recepção. Esse cenário é típico de microcélulas de redes celulares em ambientes urbanos, onde as antenas das estações rádio-base (nós-âncora) situam-se tipicamente abaixo da altura média dos obstáculos circunvizinhos (as edificações). Se o modelo proposto em (Panwar; Babu, 2023) for aplicado nessa situação, o valor de AOA em cada nó-âncora será uma variável aleatória uniformemente distribuída no intervalo $[0 - 2\pi]$, tornando inviável o uso de posicionamento baseado em AOA (Xhafa *et al.*, 2022).

4 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma análise abrangente dos fundamentos algébricos e geométricos da radiolocalização baseada em triangulação, com ênfase nas técnicas de multilateração e multiangulação. A principal contribuição deste estudo consiste na avaliação sistemática, por meio de simulações computacionais realizadas no ambiente MATLAB, do impacto de parâmetros geométricos (especialmente a disposição relativa entre nós-âncora e nó-alvo) sobre a acurácia das estimativas de posição. Os resultados mostraram que a geometria do arranjo exerce influência determinante no desempenho da localização, sendo observada maior precisão quando o nó-alvo se encontra dentro do polígono convexo formado pelos nós-âncora. Além disso, verificou-se que a degradação de desempenho é acentuada em cenários NLOS e em regiões com baixa densidade de estações de referência. O trabalho também evidenciou a importância de se adotar estimativas iniciais adequadas em métodos iterativos de solução, onde a utilização do centroide do polígono formado pelos nós-âncora mostrou-se uma escolha ideal para inicialização.

Como perspectivas futuras, recomenda-se estender a análise para ambientes tridimensionais e avaliar o desempenho dos métodos sob diferentes modelos estatísticos de propagação e

níveis de ruído. Além disso, os resultados obtidos podem ser aplicados ao projeto e à otimização de sistemas de posicionamento em redes sem o, redes de sensores e infraestruturas 5G, contribuindo para o aprimoramento de técnicas de geolocalização em contextos urbanos e industriais complexos.

5 REFERÊNCIAS

3GPP. *TR 25.847, v4.0.0 (2001-03)*: 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; UE positioning enhancements (Release 4). [S. l.]: 3GPP, 2001.

BENSKY, A. *Wireless Positioning Technologies and Applications*. 2. ed. Estados Unidos: Artech House, 2016. p. 33-44.

BUEHRER, R. M.; VENKATESH, S. Fundamentals of Time-of-Arrival-Based Position Location. *In: ZEKAVAT, S. A.; BUEHRER, R. M. (ed.). Handbook of Position Location: Theory, Practice, and Advances*. 1. ed. Canadá: John Wiley and Sons, 2011. cap. 6, p. 187-189, 196.

CAFFERY, J. J. A New Approach to the Geometry of TOA Location. *In: IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE*, 52., 2000, Boston. *Proceedings [...]*. Boston: IEEE, 2000. p. 1943-1949.

CAMPOS, R. S. Evolution of Positioning Techniques in Cellular Networks, from 2G to 4G. *Wireless Communications and Mobile Computing*, London, v. 2017, p. 1-17, jan. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/4615215>. Acesso em: 22 out. 2025.

CAMPOS, R. S.; LOVISOLO, L. A Fast Database Correlation Algorithm for Localization of Wireless Network Mobile Nodes using Coverage Prediction and Round Trip Delay. *In: IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE*, 69., 2009, Barcelona. *Proceedings [...]*. Barcelona: IEEE, 2009.

FAN, R.; DU, X. NLOS error mitigation using weighted least squares and kalman filter in UWB positioning. *IEEE Access*, [s. l.], v. 10, p. 51234-51244, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9772370>. Acesso em: 22 out. 2025.

GUSTAFSSON, F.; GUNNARSSON, F. Positioning using time-difference of arrival measurements. *In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING*, 2003, Hong Kong. *Proceedings [...]*. Hong Kong: IEEE, 2003. v. 6, p. 553-556.

HATA, M. Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, New York, v. 29, n. 3, p. 317-325, ago. 1980.

KOROGODIN, I. V.; DNEPROV, V. V.; MIKHAYLOVA, O. K. Triangulation positioning by means of wi-fi signals in indoor conditions. *In: PHOTONICS AND ELECTROMAGNETICS RESEARCH SYMPOSIUM - SPRING (PIERS-SPRING)*, 2019, Rome. *Proceedings [...]*. Rome: IEEE, 2019. p. 2339-2345.

KRISTALINA, P. *et al.* A wireless sensor networks localization using geometric triangulation scheme for object tracking in urban search and rescue application. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE*

ON SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY (ICSITECH), 2., 2016, Balikpapan. *Proceedings* [...]. Balikpapan: IEEE, 2016. p. 254-259.

LEE, J. H.; BUEHRER, R. M. Fundamentals of Received Signal Strength-Based Position Location. In: ZEKAVAT, S. A.; BUEHRER, R. M. (ed.). *Handbook of Position Location: Theory, Practice, and Advances*. 1. ed. Hoboken: John Wiley and Sons, 2011. cap. 11, p. 364-366.

PANWAR, K.; BABU, P. *Majorization-Minimization based Hybrid Localization Method for High Precision Localization in Wireless Sensor Networks*. Ithaca, NY: arXiv, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2205.03881>. Acesso em: 22 out. 2025.

PAZIEWSKI, J. *et al.* Recent advances in ubiquitous positioning systems for mobility applications. *Measurement Science and Technology*, Bristol, v. 32, n. 9, p. 090201, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ac0186>. Acesso em: 22 out. 2025.

SO, H. C. Source Localization: Algorithms and Analysis. In: ZEKAVAT, S. A.; BUEHRER, R. M. (ed.). *Handbook of Position Location: Theory, Practice, and Advances*. 1. ed. Hoboken: John Wiley and Sons, 2011. cap. 2, p. 34-35.

STÜBER, G. L. *Principles of Mobile Communication*. 4. ed. Cham: Springer, 2017.

VALLET, J. *et al.* 10th Workshop on Position, Navigation and Communication. In: IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, 52., 2013, Dresden. *Proceedings* [...]. Dresden: IEEE, 2013. p. 1-6.

XHAFA, A. *et al.* Evaluation of 5G positioning performance based on UTDaA, AoA and base-station selective exclusion. *Sensors*, Basel, v. 22, n. 1, p. 101, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s22010101>. Acesso em: 22 out. 2025.

YANG, J.; CHEN, Y.; MARTIN, R. P. On the Performance of Wireless Indoor Localization using Received Signal Strength. In: ZEKAVAT, S. A.; BUEHRER, R. M. (ed.). *Handbook of Position Location: Theory, Practice, and Advances*. 1. ed. Hoboken: John Wiley and Sons, 2011. cap. 12, p. 399-400.

YANG, M. *et al.* Research on the eloran/gnss combined positioning algorithm and altitude optimization. *Remote Sensing*, Basel, v. 17, n. 4, p. 633, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs17040633>. Acesso em: 22 out. 2025.

YANGSEOK, J.; HEUNGRYEOL, Y.; CHUNGYONG, L. Calibration of nlos error for positioning systems. In: IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE (VTC SPRING), 53., 2001, Rhodes. *Proceedings* [...]. Rhodes: IEEE, 2001. p. 2605-2608.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Rafael Campos; **Introdução ou Considerações iniciais:** Rafael Campos; **Referencial teórico:** Rafael Campos; **Metodologia:** Rafael Campos; **Análise de dados:** Rafael Campos; **Discussão dos resultados:** Rafael Campos; **Conclusão ou Considerações finais:** Rafael Campos; **Referências:** Rafael Campos; **Revisão do manuscrito:** Rafael Campos; **Aprovação da versão final publicada:** Rafael Campos.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 13 de maio de 2025.

Aprovado: 12 de novembro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

CAMPOS, Rafael Saraiva. Fundamentos da radiolocalização por triangulação. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 95-119, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Ma. Geisa Pires da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Instalação de sistemas fotovoltaicos em Paracatu/MG: características e indicadores

Installation of photovoltaic systems in Paracatu/MG: characteristics and indicators

Instalación de sistemas fotovoltaicos en Paracatu/MG: características e indicadores

JOÃO MARCOS MARTINS SILVA¹

ALÉX GOMES DA SILVA²

RESUMO

Com a crescente busca por fontes sustentáveis para a geração de energia, a energia solar tornou-se uma ótima opção na preservação ambiental, além de promover economia na conta de luz, com diversos tipos de sistemas para demandas diferentes. Dito isto, este trabalho buscou entender as características e os indicadores dos sistemas fotovoltaicos instalados em Paracatu, Minas Gerais (MG). A pesquisa, de cunho qualitativo, guiou-se pelo campo descritivo, com base em levantamento bibliográfico, além da coleta e análise de dados, sendo estes categorizados em quantidade de sistemas em operação, de potência instalada, a modalidade de geração, a quantidade de unidades consumidoras observando a classe de consumo, a faixa de potência e o consumo faturado de cada classe. A fundamentação teórica baseou-se nos estudos relacionados ao uso da energia solar por empresas e domicílios, destacando os benefícios do uso dessa fonte renovável de energia. Os dados foram coletados no *dashboard* do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae-MG) e mostraram a utilização da energia fotovoltaica, principalmente para gerar créditos às residências e para o meio rural, com a maior presença de geração distribuída nessas classes, sendo a maioria micro e pequenas unidades geradoras de distribuição. Conclui-se que há um amplo mercado a ser explorado por empresas do setor, além de reduzida opção pela modalidade de geração compartilhada, pouco proveito da energia solar pelo poder público e a necessidade de maior divulgação, incentivos e campanhas para promover a implantação de sistemas fotovoltaicos no referido município.

Palavras-chave: energia solar; indicadores; sistemas fotovoltaicos; Paracatu-MG.

ABSTRACT

With the growing search for sustainable sources of energy generation, solar energy has become a great option for environmental preservation and savings on electricity bills, with several types of systems for different demands. This study sought to understand the characteristics and indicators of photovoltaic systems installed in Paracatu-MG. The qualitative research was guided by the descriptive field, bibliographic survey, and data collection and analysis, which were categorized into number of consumption generators, installed power, generation method, number of consumer units observing the consumption class, power range and billed consumption of each class. The theoretical basis was based on studies related to the use of solar energy by companies and households, as well as highlighting the benefits of using this renewable energy source. The data were collected through the Sebrae-MG dashboard and showed the use of photovoltaic energy, mainly to generate credits for homes and rural areas, with the greatest presence of distributed generation in these classes, the majority being micro and small distribution generating units. It is concluded that there is a broad market to

1 Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM). ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3689-1079>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5414297995292730>. E-mail: joao.ms@estudante.iftm.edu.br.

2 Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8881-3301>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6774244541530767>. E-mail: alexgomes@iftm.edu.br.

be explored by companies in the sector, the limited option for the shared generation modality, little use of solar energy by the government and the need for greater dissemination, incentives and campaigns to promote the implementation of photovoltaic systems in the aforementioned municipality.

Keywords: solar energy; indicators; photovoltaic systems; Paracatu-MG.

RESUMEN

Con la creciente búsqueda de fuentes sostenibles para la generación de energía, la energía solar se ha convertido en una excelente opción para la preservación del medio ambiente, además de promover el ahorro en la factura de la luz, con diferentes tipos de sistemas para diferentes demandas. Dicho esto, este trabajo buscó comprender las características y los indicadores de los sistemas fotovoltaicos instalados en Paracatu, Minas Gerais (MG). La investigación, de carácter cualitativo, se guió por el campo descriptivo, basándose en una revisión bibliográfica, además de la recopilación y el análisis de datos, que se clasificaron en cantidad de sistemas en funcionamiento, potencia instalada, modalidad de generación, cantidad de unidades consumidoras observando la clase de consumo, el rango de potencia y el consumo facturado de cada clase. La fundamentación teórica se basó en estudios relacionados con el uso de la energía solar por parte de empresas y hogares, destacando los beneficios del uso de esta fuente de energía renovable. Los datos se recopilaron en el panel de control del Servicio Brasileño de Apoyo a las Micro y Pequeñas Empresas (Sebrae-MG) y mostraron el uso de la energía fotovoltaica, principalmente para generar créditos a los hogares y al medio rural, con una mayor presencia de la generación distribuida en estas clases, siendo la mayoría micro y pequeñas unidades generadoras de distribución. Se concluye que existe un amplio mercado por explotar por las empresas del sector, además de una reducida opción por la modalidad de generación compartida, un escaso aprovechamiento de la energía solar por parte de las autoridades públicas y la necesidad de una mayor difusión, incentivos y campañas para promover la implantación de sistemas fotovoltaicos en dicho municipio.

Palabras clave: energía solar; indicadores; sistemas fotovoltaicos; Paracatu-MG.

1 INTRODUÇÃO

A energia solar tem se destacado como uma das principais alternativas sustentáveis para suprir a crescente demanda energética mundial. Proveniente da radiação solar, essa fonte de energia, limpa e renovável, tornou-se uma solução promissora para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos ambientais associados à geração tradicional de eletricidade. O uso em larga escala dos sistemas fotovoltaicos poderá reduzir a demanda por investimentos em linhas de transmissão e adiar a construção de usinas baseadas em fontes convencionais de energia (Villalva, 2012). Para Almeida *et al.* (2015, p. 31) “[...] o sol, como recurso energético possível de gerar energia elétrica, vem ganhando reconhecimento e representatividade na matriz energética brasileira. Uma das tecnologias que utilizam tal recurso [...] é a energia solar fotovoltaica”.

Dada a importância dessa fonte de energia, o objetivo principal desta pesquisa foi apresentar indicadores da instalação de sistemas fotovoltaicos no município de Paracatu (MG), coletando dados relativos aos projetos e às características dos painéis solares instalados, além de relacionar benefícios do uso da energia solar. Assim, foram coletados e analisados os seguintes indicadores:

capacidade instalada, taxa de crescimento, taxa de aquisição baseada na quantidade de usinas por classe de consumo e taxa de aquisição por faixa de potência instalada.

2 ENERGIA SOLAR: IMPORTÂNCIA E DESAFIOS

A energia fotovoltaica refere-se à transformação da energia solar em energia elétrica, através de células fotovoltaicas (feitas de materiais semicondutores). Estas, ao serem atingidas pela luz solar, que é absorvida, liberando elétrons, cria uma corrente elétrica.

Essa fonte de energia ajuda a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e a pegada de carbono, “[...] sendo uma das alternativas consideradas mais promissoras para a geração de energia sustentável” (Silva; Araújo, 2022, p. 868). Pode ser usada imediatamente, armazenada em baterias para uso posterior, ou enviada para a rede de distribuição local para gerar créditos de energia que podem ser usados posteriormente quando não houver geração ou essa não for suficiente para atender o consumo atual.

A questão da preservação ambiental tem sido tratada como um grande desafio no século atual, por ser urgente a necessidade de aliar conservação, progresso e qualidade de vida, sem esgotar os recursos naturais. “Sem dúvida, um esforço mundial já vem sendo desenvolvido para o uso cada vez mais intenso das energias de fontes renováveis que causem menor impacto socioambiental nos próximos anos” (Martins; Pereira, 2019, p. 19).

Entre outras vantagens para o maior investimento na utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil, considera-se que o país apresenta características muito favoráveis a este tipo de geração de energia devido às elevadas taxas de incidência e irradiação solar e pela alta produção de silício, material utilizado na fabricação das placas solares (Silva; Araújo, 2022).

Esse aspecto também é evidenciado por Tolmasquim (2016, p. 328) ao afirmar:

O Brasil está situado quase que totalmente na região limitada pelos Trópicos de Câncer e de Capricórnio, de incidência mais vertical dos raios solares. Esta condição favorece elevados índices de incidência da radiação solar em quase todo o território nacional, inclusive durante o inverno, o que confere ao país condições vantajosas para o aproveitamento energético do recurso solar.

A fundamentação teórica desta pesquisa foram estudos relacionados ao uso da energia solar por empresas e domicílios, destacando os benefícios do uso dessa fonte renovável de energia. Nesse contexto, destacam-se autores como Villalva (2012), Martins e Pereira (2019), Ayrão (2018), Almeida *et al.* (2015), Silva e Araújo (2022), Burattini (2008), Vian *et al.* (2021) e Tolmasquim (2016), entre outros que abordaram, em suas respectivas obras, essas temáticas.

No entanto, apesar de suas inúmeras vantagens, a expansão da energia solar ainda enfrenta diversos desafios. Entre eles, destacam-se: o alto custo inicial de instalação dos sistemas fotovoltaicos; a necessidade de políticas públicas eficazes e incentivos financeiros; além das limitações técnicas relacionadas ao armazenamento de energia e à intermitência da geração, que depende da disponibilidade de luz solar. Superar esses obstáculos é essencial para que a energia solar desempenhe papel ainda mais relevante na transição para um modelo energético mais limpo, justo e transformador.

Cabe lembrar que a produção, comercialização e instalação de painéis solares têm a sua parcela de pegada de carbono (que é o total de gases de efeito estufa gerado por uma atividade, evento ou organização) assim especificada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC):

- Estima-se que os painéis solares podem gerar emissões de aproximadamente 20 a 50 gramas de dióxido de carbono por quilowatt-hora ($\text{gCO}_2\text{e/kWh}$) de eletricidade produzida, segundo o IPCC (2021) apud Soares e Norat (2024).
- A extração de matérias-primas e o processo de fabricação dos painéis solares representam cerca de 70% dessas emissões, enquanto as fases de operação, manutenção e desativação da usina solar correspondem aos 30% restantes, de acordo com o IPCC (2014) apud What [...] (2025).

Outro aspecto a ser analisado é a produção do silício e do alumínio, componentes presentes nos painéis solares que, em conjunto com o vidro (para a proteção das células solares), também requerem consumo de energia e representam parcelas significativas na emissão de CO_2 (Quanto [...], 2021).

Alguns dos metais presentes nas placas e baterias, como chumbo, cádmio, prata, índio, gálio e germânio são prejudiciais à saúde humana e também causam degradação ao meio ambiente, contaminando o solo e até mesmo o lençol freático, se descartados de maneira incorreta. De acordo com Coelho e Serra (2018, p. 91) “[...] o descarte de painéis fotovoltaicos deve ser feito e gerenciado de uma forma correta, pois se feito de uma forma inadequada e sem tratamento adequado o mesmo pode causar impactos negativos ao ambiente e também à saúde humana”.

Como os painéis solares têm vida útil média de 25 anos ou mais, há compensação da emissão de carbono, pois estudos revelam que um sistema fotovoltaico pode compensar até 20 vezes a quantidade de CO_2 emitida durante sua produção e instalação – isso o coloca em uma posição vantajosa em comparação com fontes convencionais de energia.

Sobre os benefícios para o meio ambiente, Tolmasquim (2016) destaca que a geração de energia elétrica a partir do aproveitamento solar apresenta como principal vantagem a ocorrência de poucos impactos socioambientais. Comparativamente às outras fontes, são impactos de baixa magnitude.

Portanto, os ganhos para a humanidade quanto ao uso de energias renováveis e ambientalmente sustentáveis são enormes e precisam ser alvo de pesquisa, inovação e implementação para que possam alcançar uma quantidade maior de adeptos e usuários, bem como possibilitar a produção de materiais cada vez mais eficientes e menos poluentes.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi do tipo descritiva, de natureza quanti-qualitativa. “A produção de resultados de cunho quantitativo complementa e promove questões e pesquisas metodologicamente pautadas em teorias qualitativas e vice-versa” (Pereira; Ortigão, 2016, p. 70).

Segundo Triviños (2011, p. 110), “[...] o estudo descritivo pretende descrever com exatidão os fatos e fenômenos de determinada realidade”. Já para Sampieri, Callado e Lucio (2013, p. 376), “[...] o foco da pesquisa qualitativa é compreender e aprofundar os fenômenos, que são explorados a partir da perspectiva dos participantes em um ambiente natural e em relação ao contexto”.

Procedeu-se ao levantamento bibliográfico, verificando as produções já existentes que abordam a temática. Para a constituição do referencial teórico recorreu-se às publicações em periódicos, anais de eventos, dissertações e teses, com o procedimento de fichamento, como sugerem Marconi e Lakatos (2021, p. 80): “[...] à medida que o pesquisador identifica os documentos, deverá, ao mesmo tempo, transcrever os dados nas fichas bibliográficas, com o máximo de exatidão e cuidado”.

Sobre a pesquisa bibliográfica, os autores afirmam que “sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto” (Marconi; Lakatos, 2021, p. 76).

A coleta de dados foi via *dashboard* do Sebrae-MG, que reúne diversas informações sobre a instalação de painéis solares no Estado, permitindo a separação de dados por município. Na sequência, os dados coletados, no período entre 2016 e 2023, foram analisados e apresentados em tabelas e gráficos.

Buscou-se analisar alguns dados sobre o município de Paracatu e as características dos sistemas fotovoltaicos instalados, sendo estes classificados por tipo de classe, como rural, residencial, poder público, industrial e comercial.

Nesse sentido, foram apresentados dados sobre a quantidade de sistemas, estabelecendo as seguintes categorias: quantidade de sistemas em operação, potência instalada por ano, quantidade de

sistemas por classe de consumo, unidades consumidoras por classe consumidora, potência instalada (kW) por classe de consumo, quantidade de sistemas e potência instalada por faixa de potência, e quantidade e potência instalada por tipo de usina solar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Paracatu está localizado na região Noroeste de Minas Gerais, com uma população composta por 94.023 pessoas³, um produto interno bruto (PIB) *per capita* de R\$ 72.311,27 (IBGE, 2023), índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) [2010] de 0,744, com 23.877 domicílios particulares ocupados e 10.814 empresas ativas (Listas [...], 2015).

Os dados coletados no *dashboard* do Sebrae-MG mostram como a energia solar fotovoltaica vem crescendo e popularizando-se ao longo dos últimos anos, conforme demonstra o Gráfico 1.

O município de Paracatu apresenta uma potência total instalada de 29.015 kW, com 1.765 unidades consumidoras (UC) que recebem créditos, ou seja, estas unidades produzem energia através de sistemas fotovoltaicos e, calculando a média de potência instalada por UC, obtêm-se 16,44 kW. Ao analisar a quantidade de geração distribuída (GD), que é uma modalidade que permite a geração de energia elétrica no local ou próximo ao ponto de consumo, existem 1.409 GDs, cuja média de potência instalada por GD é de 20,59 kW (Sebrae/MG, 2023).

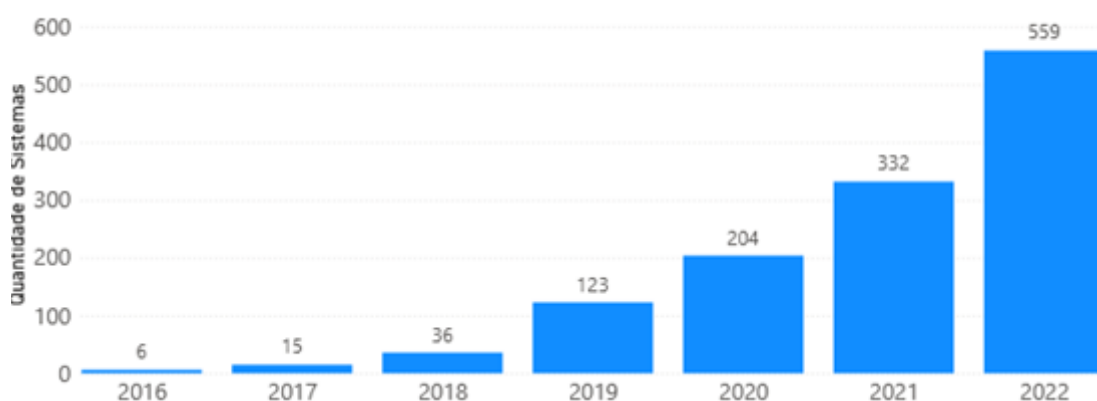


Gráfico 1 – Quantidade de sistemas em operação em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG (2023).

A respeito da expansão da utilização da energia solar, Vian et al. (2021) destacam que esse processo se deve em razão da redução de custos na instalação dos sistemas fotovoltaicos, impulsionada por investimentos em pesquisa e pela crescente demanda por energias limpas. Acrescenta-se

3 Segundo Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022.

a isso, aumento da eficiência e confiabilidade dos módulos fotovoltaicos, bem como a flexibilidade da forma de geração, ajustando o porte das instalações às necessidades específicas.

Com relação à quantidade de usinas instaladas, nota-se um aumento de 150% em 2017, comparando com o ano anterior. Em 2018, foram instaladas 1,4 usinas para cada uma de 2017. Nos anos seguintes, são verificados aumentos de 241%, 65,85% e de 62,75%, respectivamente, em comparação ao ano anterior, o que evidencia o crescimento acentuado dessa atividade no município. No Gráfico 2, observa-se a capacidade total instalada por ano, no período de 2016 a 2022.

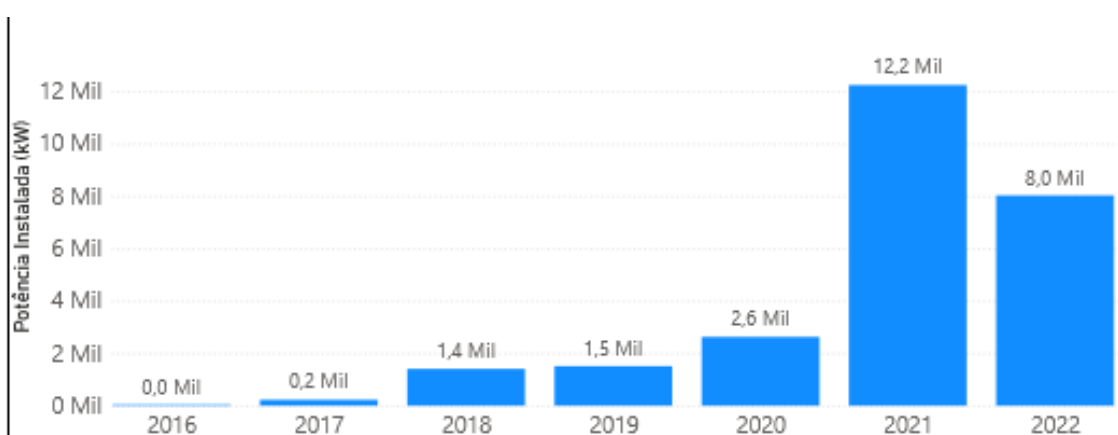


Gráfico 2 – Potência instalada (kW) por ano em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG (2023).

Na relação de potência instalada por ano, também é perceptível o crescimento. Em 2018, verifica-se um crescimento de 600% na potência instalada em comparação a 2017. Em 2019, observa-se um crescimento menor (de 7,14%); em 2020, um acréscimo de 73,34%; em 2021, outro período de intensa expansão, com 369,23%; e redução de 34,42% apenas em 2022.

O ciclo de forte expansão em 2021 ocorreu provavelmente associado a uma maior quantidade de projetos implementados antes de mudanças regulatórias previstas, ou ainda em resposta à crise energética que elevou as tarifas de energia elétrica. Em 2022, a queda no crescimento da potência instalada pode ser interpretada como uma correção no ritmo de expansão, possivelmente influenciada por mudanças na legislação, esgotamento de linhas de financiamento ou outros fatores conjunturais.

A partir do Quadro 1 e do Gráfico 3, considera-se também os dados do 1º trimestre de 2023, com 134 sistemas instalados nesse período. Com relação à quantidade de usinas instaladas em cada classe de consumo, destaca-se a seguinte distribuição:

Quantidade de sistemas por classes de consumo de 2016 a 2023	
Classes de consumo	Quantidade de sistemas
Residencial	988
Rural	231
Comercial	173
Industrial	15
Poder Público	2
Total	1.409

Quadro 1 – Usinas instaladas em Paracatu-MG por classe de consumo

Fonte: Sebrae/MG (2023).

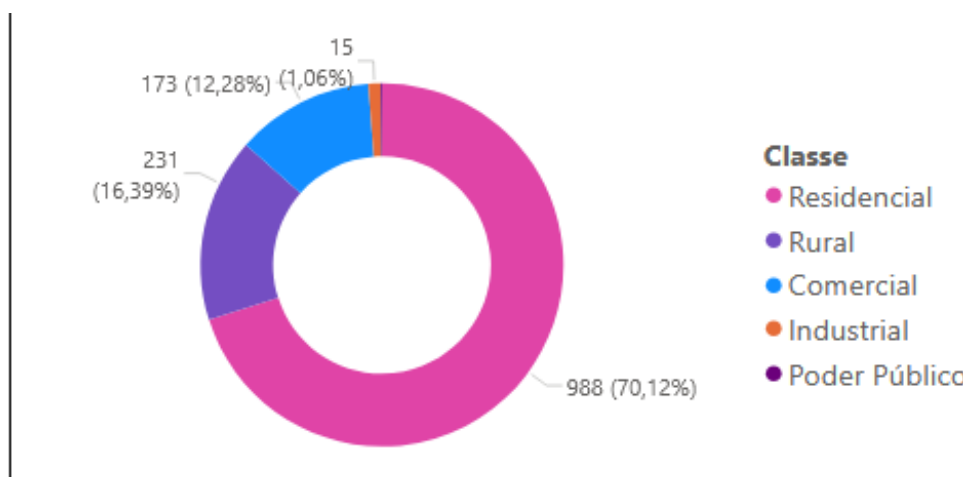


Gráfico 3 – Quantidade de sistemas por classe de consumo em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG, (2023).

A maior parte dos sistemas fotovoltaicos instalados (70,12%) é para uso residencial, para atender ao consumo diário de uma casa. Na sequência, os mais utilizados são para usos rural (16,39%) e comercial (12,28%). O setor industrial apresenta 1,06%, e o poder público apenas 0,14% do total de sistemas no período.

Reis (2017) ressalta que a utilização mais frequente de sistemas fotovoltaicos ocorre entre consumidores autoprodutores dos setores residencial, comercial e industrial. Nesses casos, quando a geração própria não é suficiente, a rede elétrica supre a demanda de energia. Por outro lado, quando há produção superior ao consumo, o excedente pode ser direcionado e injetado na rede da concessionária local.

Sobre a quantidade de unidades consumidoras (UCs) por classe de consumo, verifica-se o disposto no Quadro 2 e no Gráfico 4:

Unidades consumidoras por classe de consumo de 2016 a 2023	
Classes de consumo	Quantidade de unidades
Residencial	1.146
Rural	311
Comercial	280
Industrial	26
Poder Público	2
Total	1.765

Quadro 2 – Unidades consumidoras em Paracatu-MG por classe de consumo

Fonte: Sebrae/MG (2023).

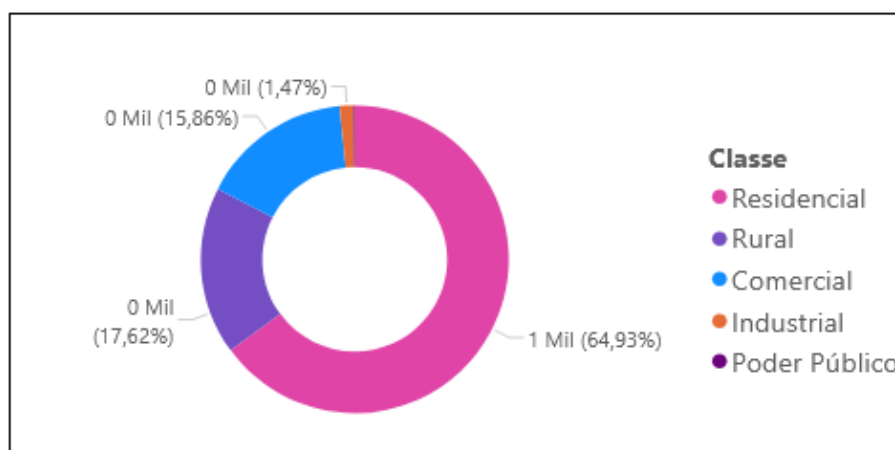


Gráfico 4 – Unidades consumidoras por classe de consumo em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG, (2023).

A classe de consumo com a maior quantidade de unidades consumidoras é a residencial (64,93%), seguida das classes rural (17,62%) e comercial (15,86%). Novamente, os menores índices são verificados nas classes: industrial (1,47%) e poder público (0,11%).

Foi constatada a potência instalada por classe de consumo, sendo esses valores apresentados no Quadro 3 e no Gráfico 5:

Potência instalada por classe de consumo de 2016 a 2023	
Classes de consumo	Potência instalada
Residencial	6.182,99
Rural	13.293,26
Comercial	5.734,99
Industrial	3.669,19
Poder Público	135
Total	29.015,43

Quadro 3 – Potência instalada em Paracatu-MG por classe de consumo

Fonte: Sebrae/MG (2023).

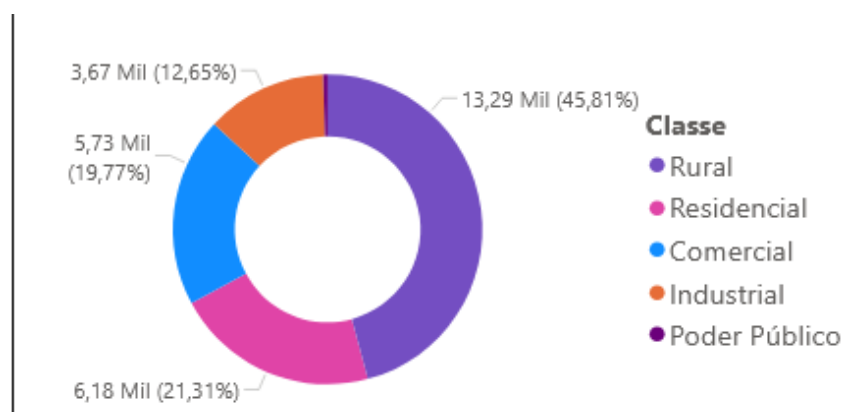


Gráfico 5 – Potência instalada em Paracatu-MG por classe de consumo

Fonte: Sebrae/MG (2023).

Apesar de apresentar a maior quantidade de unidades consumidoras e de usinas instaladas, a classe residencial não acumula a maior potência instalada, mas sim, a classe rural, com 45,81% de potência instalada. A segunda classe de consumo com a maior quantidade de potência instalada é a residencial (21,31%), com 6.182,99 kW, seguida pelas classes: comercial (19,77%), industrial (12,65%) e poder público (com apenas 0,46%).

Apesar de menos numerosas, as usinas instaladas em áreas rurais tendem a ser de maior porte e capacidade, impulsionadas por atividades agropecuárias com elevado consumo energético e maiores áreas disponíveis para a instalação de painéis solares. Essa distribuição evidencia como diferentes perfis de consumo influenciam o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, destacando o papel estratégico da classe rural na expansão da energia solar no país.

Procurou-se também investigar a relação da quantidade de sistemas e da potência instalada por faixa de potência. Os dados estão dispostos no Gráfico 6:

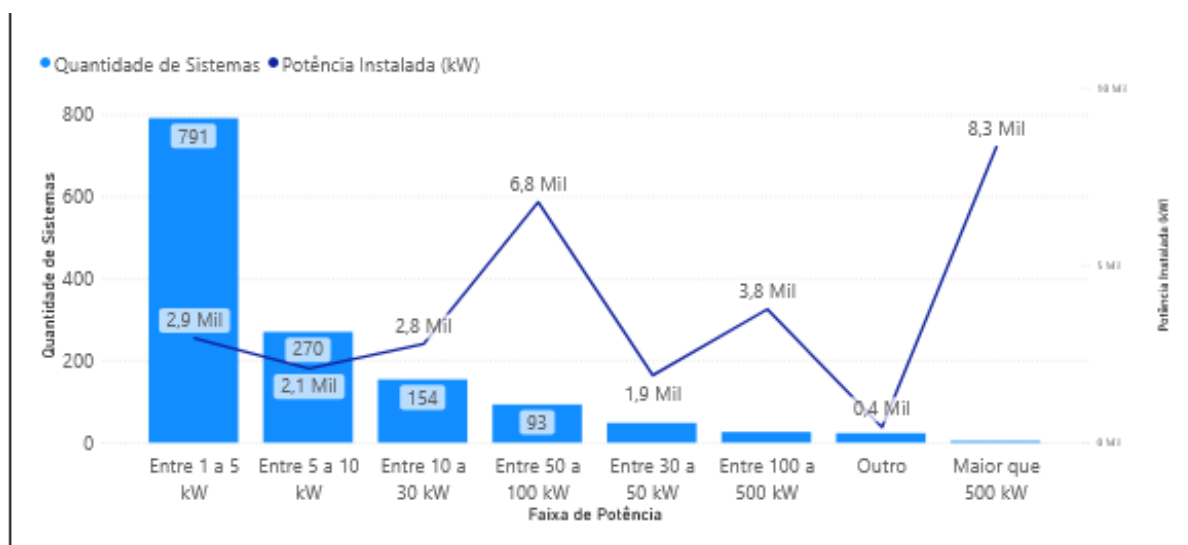


Gráfico 6 – Quantidade de sistemas e potência instalada por faixa de potência (kW)

Fonte: Sebrae/MG (2023).

Pode-se notar que a maior parte dos sistemas está na faixa de potência entre 1 e 5 kW, totalizando 791 GDs e 2.938,16 kW instalados, que representam sistemas fotovoltaicos de menor potência, gerando créditos às residências. O que dispõe de menor quantidade de GDs é a faixa maior do que 500 kW, com 4 GDs, mas esta é a que apresenta maior potência instalada, com 8.340 kW, sendo este tipo usado para alimentar grandes indústrias ou gerar créditos para várias residências e empresas por meio da geração compartilhada.

Por fim, foram pesquisadas a quantidade e a potência instalada total para cada tipo de GD. Entre os dois tipos de GD estão o Micro, que considera sistemas de até 75 kW de potência, e o Mini, que considera sistemas superiores a 75 kW e menor ou igual a 5 MW. Os dados obtidos foram:

Micro e Mini GD				
Tipo de GD	Quantidade de GDs		Potência instalada (kW)	
Micro	1375	97,59%	16.529,43	56,97%
Mini	34	2,41%	12.486,00	43,03%

Quadro 4 – Quantidade e potência instalada dos tipos de GDs em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG (2023).

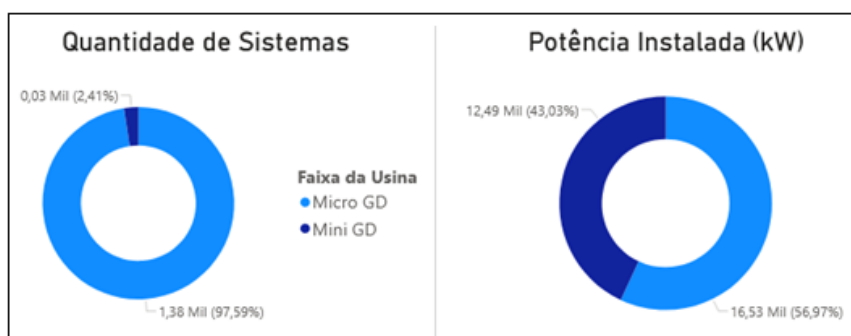


Gráfico 7 – Quantidade e potência instalada dos tipos de GDs em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG (2023).

Ao observar a distribuição dos sistemas de geração distribuída (GDs), nota-se uma predominância significativa dos sistemas de microgeração, que totalizam 1.375 unidades instaladas, em comparação aos 34 sistemas de minigeração. No entanto, ao analisar a potência total gerada, essa diferença em quantidade não se reflete de forma proporcional. A microgeração responde por 56,97% da potência instalada, enquanto a minigeração, mesmo com uma quantidade muito menor de sistemas, representa 43,03% da capacidade total. Isso evidencia que, apesar de mais numerosos, os sistemas de microgeração acumulam, em média, menor potência individual. Já os sistemas de minigeração, embora menos frequentes, são significativamente mais potentes, contribuindo de forma expressiva para a geração total de energia. Essa distribuição indica uma complementaridade entre os dois modelos, sendo a microgeração mais acessível para pequenos consumidores, e a minigeração mais voltada aos consumidores com maior demanda energética, como empresas, cooperativas e propriedades rurais de maior porte.

Nesse sentido, Vian *et al.* (2021, p. 13) destacam que:

As pequenas unidades fotovoltaicas representam uma conveniente modalidade de oferta de energia, na medida em que atendem à demanda absolutamente junto ao local de consumo, dispensando as estruturas de centrais distantes dos centros de consumo e todas as instalações associadas de transmissão e de distribuição de energia. Este fato por si só confere um importante grau de mérito à micro ou minigeração fotovoltaica.

Em relação ao aspecto socioeconômico na instalação de usinas solares, Tolmasquim (2016) pontua que a criação de empregos e de renda em áreas com baixo nível de desenvolvimento econômico é significativa, uma vez que a implementação de projetos demanda uma quantidade expressiva de mão de obra durante a fase de construção. Esse potencial de geração de empregos é particularmente relevante porque as regiões com maior incidência solar – e, consequentemente, maior capacidade para a geração de energia solar – são, em sua maioria, economicamente menos desenvolvidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado permite perceber o panorama da utilização da energia solar pelas diferentes classes (como residências, comércio, indústria, meio rural e poder público) e das características de cada GD, contribuindo para futuras implantações dessa tecnologia e promovendo, assim, sua expansão.

Para a realidade do município de Paracatu (MG), em função dos dados apresentados, a energia elétrica proveniente de sistemas fotovoltaicos (através da microgeração) prevalece em quantidade para a classe residencial. Ayrao (2018) afirma que, embora seja certo que a legislação continuará evoluindo, assim como hoje é impensável uma casa sem acesso à energia elétrica, em breve também será difícil imaginar uma residência que não gere, ao menos parcialmente, sua própria energia.

Em razão do exposto, este estudo também pode auxiliar em consultas por parte de órgãos públicos e demais entidades que visem promover a expansão dessa matriz energética, bem como eventuais investigações sobre os benefícios da energia solar fotovoltaica, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a preservação dos recursos naturais em projetos voltados para medidas de mitigação dos impactos ambientais e a promoção de práticas sustentáveis.

Portanto, o setor de energia fotovoltaica, mesmo diante do crescimento expressivo nos últimos anos, ainda apresenta extenso potencial energético, sendo oportunidade de emprego e renda, ao permitir que mais parcelas da população possam usufruir dos benefícios que tais sistemas proporcionam na geração de energia alternativa. A popularização da microgeração distribuída tem possibilitado que os diversos setores se tornem agentes na produção da própria energia, contribuindo para a democratização do acesso à energia solar.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. et al. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. *Engenharias On-line*, Franca, SP., v. 1, n. 2, p. 21-33, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unifran.edu.br/index.php/engenharias/article/view/1004>. Acesso em: 19 fev. 2025.

AYRÃO, V. *Energia solar fotovoltaica no Brasil: conceitos, aplicações e estudos de caso*. Rio de Janeiro: International Copper Association Brazil, 2018.

BURATTINI, M. P. T. de C. *Energia: uma abordagem multidisciplinar*. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

COELHO, T. F.; SERRA, J. C. V. Tecnologias para reciclagem de sistemas fotovoltaicos: impactos ambientais. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v. 15, n. 7, 2018. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/820>. Acesso em: 17 jun. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Censo demográfico de 2022, atualizado em 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/paracatu.html>. Acesso em: 22 out. 2025.

LISTAS de empresas em Paracatu, MG: confira porte, segmento, dívidas, data de abertura e muito mais! *Empresa aqui*. Minas Gerais, 2015. Disponível em: <https://www.empresaqui.com.br/listas-de-empresas/MG/PARACATU>. Acesso em: 22 out. 2025.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. *Energia solar: estimativa e previsão de potencial solar*. Curitiba: Appris, 2019.

PEREIRA, G.; ORTIÃO, M. I. R. Pesquisa quantitativa em educação: algumas considerações. *Periferia*, Duque de Caxias, v. 8, n. 1, p. 66-79, 2016. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/periferia/article/view/27341>. Acesso em: 3 fev. 2024.

QUANTO de CO₂ é liberado na produção de painéis solares. *Energia Solar Master*. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://energiasolarmaster.com.br/2024/06/07/quanto-de-co2-e-liberado-na-producao-de-paineis-solares/>. Acesso em: 20 out. 2025.

REIS, L. B. dos. *Geração de energia elétrica*. 3. ed. Barueri: Manole, 2017.

SAMPIERI, R. H.; CALLADO, C. F.; LUCIO, M. del P. B. *Metodologia de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Penso, 2013.

SEBRAE MINAS. *Energia solar fotovoltaica em Minas Gerais* – Geração Distribuída, Solar Minas 2023: Dashboard. Belo Horizonte: Sebrae-MG, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjNkM2I1YjltYmNmMy00MmQxLWFkYjltY2ZlZGJmYTliMDE0IiwidCI6Ijlk3Mjk4MjcXLTFiZDctNGFiNS05MzViLTg4YWVRKzWY2MzZjYyIsImMiOiR9>. Acesso em: 10 ago. 2023.

SILVA, H. M. F. da; ARAÚJO, F. J. C. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i3.4654. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SOARES, D. da F.; NORAT, M. S. L. Análise do ciclo de vida de painéis solares e seu impacto ambiental. *Scientia et Ratio*, João Pessoa, v. 4, n. 7, 2024. Disponível em: <https://scientiaetratio.com.br/analise-do-ciclo-de-vida-de-paineis-solares-e-seu-impacto-ambiental/>. Acesso em: 21 dez. 2025.

TOLMASQUIM, M. T. *Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica*. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 2011.

VIAN, A. et al. *Energia solar: fundamentos, tecnologia e aplicações*. São Paulo: Blucher, 2021.



VILLALVA, M. G. *Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.

WHAT is the carbon footprint of solar panels? *Sistine Solar*. Disponível em: <https://sistinesolar.com/solar-panel-carbon-footprint/#:~:text=Quanto%20di%C3%B3ido%20de%20carbono%20um,sem%20medidas%20de%20mitiga%C3%A7%C3%A3o%20adequada>. Acesso em: 22 dez. 2025.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Introdução ou Considerações iniciais:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Referencial teórico:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Metodologia:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Análise de dados:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Discussão dos resultados:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Conclusão ou Considerações finais:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Referências:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Revisão do manuscrito:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Aprovação da versão final publicada:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 27 de maio de 2025.

Aprovado: 23 de setembro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

SILVA, João Marcos Martins; SILVA, Aléx Gomes da. Instalação de sistemas fotovoltaicos em Paracatu/MG: características e indicadores. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 120-135, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Dr. Bruno Gabriel Gustavo Leonardo Zambolini Vicente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Jogos digitais no ensino da matemática para crianças

Digital games in teaching mathematics to children

Juegos digitales en la enseñanza de las matemáticas a los niños

CARLOS RODRIGUES PINTO JÚNIOR¹

HAYSSA GABRIELLY BRITO BARROSO²

SYLVANA KARLA DA SILVA DE LEMOS SANTOS³

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar os principais métodos de ensino da matemática, investigar suas falhas e identificar como jogos digitais podem auxiliar no aprendizado de estudantes. Assim, o estudo apresenta uma revisão de literatura relacionada ao ensino de matemática. Em seguida, são apontadas as principais falhas que contribuem para a não aprendizagem. Por fim, é mostrado, de forma lúdica, de que modo os jogos digitais podem auxiliar no ensino da matemática. Como produto, apresenta-se o desenvolvimento de uma página *web* com dois jogos digitais, a partir da investigação de sistemas análogos, e são descritas as tecnologias empregadas, considerando aspectos de usabilidade, interatividade e adequação à faixa etária das crianças envolvidas. Os jogos foram projetados para integrar conceitos matemáticos de maneira natural e divertida, promovendo o aprendizado por meio da experimentação e da resolução de problemas. Para validação, foram conduzidos pré-testes e entrevistas com um grupo de crianças da educação pré-escolar e uma professora, em uma escola particular, para que pudessem avaliar sua eficácia como ferramenta de auxílio ao raciocínio matemático. Os resultados indicaram uma aceitação positiva para estimular o interesse das crianças pela matemática e para melhoria de suas habilidades cognitivas e resolução de problemas. O projeto obteve percepções valiosas sobre a integração de tecnologia educacional na educação de crianças dessa faixa etária, destacando a importância de abordagens pedagógicas contemporâneas, inovadoras e lúdicas.

Palavras-chave: matemática; aprendizagem; jogo digital; página *web*.

ABSTRACT

The objective of this project is to analyze the main methods used in mathematics teaching, investigate their shortcomings, and identify how digital games can support student learning. The study begins with a literature review on mathematics education, followed by the identification of key factors that contribute to learning difficulties. It then presents, in a playful manner, how digital games can assist in mathematics instruction. As a final product, the project includes the development of a web page featuring two digital games, created through the investigation of analogous systems, along with a description of the technologies employed, considering usability, interactivity, and age-appropriateness for the children involved. The games were designed to integrate mathematical concepts in a natural and engaging way, promoting learning through experimentation and problem solving. For validation, pre-tests and interviews were conducted with a group of preschool children and a teacher from a private school, allowing them to assess the effectiveness of the games as tools to support mathematical reasoning. The results indicated positive acceptance in

1 Instituto Federal de Brasília (IFB). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3456-7462>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8578669878955755>. E-mail: cpfrgcic@gmail.com.

2 Instituto Federal de Brasília (IFB). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9865-0724>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1576259691038860>. E-mail: hayssa.barroso@estudante.ifb.edu.br.

3 Instituto Federal de Brasília (IFB). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8490-5883>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0372497978067229>. E-mail: sylkarla@gmail.com.

stimulating children's interest in mathematics and enhancing their cognitive and problem-solving skills. The project provided valuable insights into the integration of educational technology in early childhood education, highlighting the importance of contemporary, innovative, and playful pedagogical approaches.

Keywords: mathematics; learning; digital game; website.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar los principales métodos de enseñanza de las matemáticas, investigar sus deficiencias e identificar cómo los juegos digitales pueden ayudar en el aprendizaje de los estudiantes. Así, el estudio presenta una revisión de la literatura relacionada con la enseñanza de las matemáticas. A continuación, se señalan las principales deficiencias que contribuyen al fracaso en el aprendizaje. Por último, se muestra, de forma lúdica, cómo los juegos digitales pueden ayudar en la enseñanza de las matemáticas. Como producto, se presenta el desarrollo de una página web con dos juegos digitales, a partir de la investigación de sistemas análogos, y se describen las tecnologías empleadas, teniendo en cuenta aspectos de usabilidad, interactividad y adecuación a la edad de los niños involucrados. Los juegos fueron diseñados para integrar conceptos matemáticos de manera natural y divertida, promoviendo el aprendizaje a través de la experimentación y la resolución de problemas. Para su validación, se realizaron pruebas previas y entrevistas con un grupo de niños de educación preescolar y una profesora de una escuela privada, con el fin de evaluar su eficacia como herramienta de apoyo al razonamiento matemático. Los resultados indicaron una aceptación positiva para estimular el interés de los niños por las matemáticas y mejorar sus habilidades cognitivas y de resolución de problemas. El proyecto obtuvo valiosas percepciones sobre la integración de la tecnología educativa en la educación de los niños de esta edad, destacando la importancia de enfoques pedagógicos contemporáneos, innovadores y lúdicos.

Palabras clave: matemáticas; aprendizaje; juego digital; sitio web.

1 INTRODUÇÃO

A matemática é uma disciplina fundamental no currículo escolar, sendo essencial para o desenvolvimento cognitivo e raciocínio lógico dos estudantes. No entanto, o ensino da matemática tem sido objeto de preocupação, uma vez que muitos estudantes enfrentam dificuldades em compreender e aplicar os conceitos relacionados a essa área do conhecimento (Masola; Allevato, 2019). Essas falhas no ensino têm gerado impactos negativos no aprendizado e no interesse dos estudantes pela disciplina.

Além disso, o processo de globalização e os avanços tecnológicos exigem cada vez mais qualificações dos docentes, que acabam tendo dificuldades para acompanhar tantas mudanças na forma de ensinar (Carvalho; Pirola, 2004). Tal fato leva a uma defasagem entre o que a evolução tecnológica demanda como forma de ensino e a maneira como a matemática é, de fato, ensinada nas escolas.

Ademais, é necessário considerar que o processo de ensino-aprendizagem é uma via de mão dupla, envolvendo tanto professores quanto estudantes. Percebe-se que ambos enfrentam dificuldades: o docente na maneira de ensinar, e o estudante na forma de aprender (Masola; Allevato,

2019). Essas dificuldades, por serem penosas e desagradáveis, desmotivam muitos estudantes a aprender e, por consequência, desestimulam o professor a ensinar.

Esses desafios, aliados à restrição de tempo para o cumprimento de todos os tópicos curriculares previstos (Santos, 2016), evidenciam as lacunas na formação inicial. Apesar da proliferação de universidades e instituições de ensino superior que oferecem licenciaturas, pesquisas na área indicam que a formação frequentemente ocorre de forma descontextualizada da realidade escolar (Gatti, 2010; Tardif; Lessard, 2005) e muitas não conseguem prover o preparo necessário para o docente exercer a profissão com a maestria, diante das habilidades didáticas exigidas na sala de aula contemporânea.

Nesse sentido, o uso de jogos digitais pode ser uma alternativa ao modelo tradicional, pois enquadra-se mais na visão construtivista, uma vez que se concentra na resolução de problemas por meio da participação ativa do estudante, que constrói seu próprio entendimento dos conceitos matemáticos em vez de receber informações de maneira passiva (Miguel; Vilela, 2008).

Sendo assim, foi concebido o projeto intitulado MatematiPlay, com a participação de dois estudantes do curso superior de Tecnologia em Sistemas para Internet, do Instituto Federal de Brasília, câmpus Brasília. A proposta visa criar dois jogos digitais matemáticos (Jogo da Memória e Quantifica) para identificar como esse tipo de recurso pode auxiliar no aprendizado dos estudantes. A escolha desse tema se justifica pela necessidade de buscar alternativas interessantes e eficientes para melhorar a qualidade do ensino da matemática, tornando-o mais acessível, atrativo e significativo para os estudantes.

2 FALHAS NO ENSINO MATEMÁTICO INFANTIL

O ensino da matemática tem sido objeto de críticas e sugestões (Gontijo *et al.*, 2018; Fonseca; Gontijo, 2021) e um dos motivos é a falta de relação entre o que é abordado em sala de aula e como o estudante usará o conteúdo no seu cotidiano de maneira prática (Santos; Gomes, 2020). Compreender essa dificuldade e elaborar formas para mitigar esse problema é um desafio para a escola e os professores. Uma possibilidade para minimizar esse dilema é pela adoção de uma aprendizagem significativa, que traz o contexto vivido pelo estudante para a problematização do conteúdo.

Frasson, Laburú e Zompero (2019) explanam sobre a aprendizagem significativa, proposta por Ausubel, e dizem que um conhecimento novo fixa em um conhecimento já adquirido pelo indivíduo e, a partir do seu domínio, o aprendizado pode ser aprimorado e enriquecido. Por exemplo, quando a criança participa das compras de casa, indo ao mercado, observando os preços dos produtos e identificando o quanto foi gasto, ela aplica os conceitos aprendidos na escola de forma contextualizada.

Para Santos (2016), outra crítica não menos importante está relacionada à falta de tempo para cumprir todos os tópicos curriculares, fazendo com que não seja feita uma avaliação formativa satisfatória, restando apenas a avaliação somativa. Enquanto a avaliação formativa compreende um processo contínuo e o acompanhamento do progresso do estudante, com o objetivo de identificar avanços e dificuldades, orientar e melhorar o ensino; a avaliação somativa serve para verificar o nível de aprendizagem alcançado pelo estudante em relação aos objetivos previstos, principalmente para sintetizar resultados.

Por fim, dois fatores que influenciam negativamente o ensino da matemática estão associados ao fato de haver muitas universidades para formação de professores, mas poucas se preocupam em dar condições do professor exercer a profissão com maestria, além do elevado número de estudantes por sala. Todos esses problemas contribuem para o uso de métodos ineficazes e uma educação baseada em repetição e memorização, como afirma Burak (1992).

Assim, apesar das críticas ao modelo tradicional, ele ainda é amplamente utilizado, o que torna a modificação desse processo complexa. No entanto, é inegável que o uso da tecnologia tem como objetivo melhorar o ensino matemático, como será demonstrado no próximo tópico.

3 JOGOS DIGITAIS E O APRENDIZADO DE MATEMÁTICA

As tecnologias digitais vêm sendo bastante usadas no contexto escolar, e não é diferente quanto ao ensino da matemática. Testes realizados por Santos, Botelho e Raabe (2021) com uma criança de 7 anos de idade, utilizando jogos digitais educativos em sala de aula, demonstraram que os jogos virtuais e aplicativos auxiliam no desenvolvimento matemático em crianças, desde que aliados a uma intervenção pedagógica eficaz, melhorando a memória e fixação do conteúdo.

Souza (2020) traz um novo preceito de ensino da matemática, ainda pouco usado, que é o de modelagem. Para tanto, permite aos estudantes usar situações do mundo real ou contextos significativos para criar representações matemáticas que possam ser exploradas e analisadas por eles. Esse conceito, aliado ao uso de jogos didáticos, permite um maior desenvolvimento cultural, social e cognitivo.

Porém, são necessários cuidados ao elaborar um jogo digital, pois em prol da ludicidade e liberdade que é dada à criança para realização dos objetivos propostos, pode ser que o jogo seja divertido, mas pouco auxilie na produção do conhecimento matemático, como salienta Muniz (2021).

Para Felcher (2021), a tecnologia digital vem ganhando força no campo científico, mas ainda é pouco usada em sala de aula, indicando que a formação do professor deve seguir na direção do uso das tecnologias digitais para potencializar o ensino e a aprendizagem do estudante.

O período recente da pandemia da covid-19 forçou mudanças sociais, com o fechamento de escolas e o ensino remoto. Naquele momento, muitos profissionais e estabelecimentos tiveram que utilizar ferramentas didáticas digitais para manter e estimular o interesse dos estudantes pelos conteúdos escolares, sendo uma dessas ferramentas os jogos digitais. Um jogo da memória, produzido por Carvalho e Santos (2023), é um exemplo de atividade que promove habilidades de raciocínio, associação e memória de forma lúdica.

Analisando esse conjunto de autores, conclui-se ser oportuno o uso de jogos digitais para auxiliar didaticamente o professor no ensino da matemática, pois eles tornam o aprendizado mais divertido, estimulando o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a aplicação prática dos conceitos matemáticos, além de permitirem às crianças praticarem e aprimorarem suas habilidades de maneira interativa.

4 PROPOSTA DE UM JOGO

Diante do exposto, foi realizada uma pesquisa para identificar a existência de sistemas similares ao projeto MatematiPlay. Para tanto, foram buscadas publicações em língua portuguesa nos periódicos Capes, com os termos “matemática”, “criança” e “jogos digitais”, que serviram como base para o tema em questão.

O artigo “Jogos on-line e apps para consolidação dos princípios da contagem”, escrito por Santos, Botelho e Raabe (2021), investiga a eficácia dos jogos virtuais como auxiliares do ensino da matemática e aborda os fundamentos dos princípios de contagem. A publicação ressalta que, quando uma criança apresenta dificuldade e os princípios não são fixados, uma ferramenta virtual pode ser utilizada como forma de ensino.

O artigo em questão identifica vários jogos educativos on-line. Para o presente trabalho, utilizou-se como critério de inclusão os jogos direcionados à mesma faixa etária do público-alvo e que poderiam contribuir de forma significativa para o projeto a ser desenvolvido. Dessa forma, os jogos selecionados para análise foram retirados de quatro sites diferentes: Coquinhos, Escola Games, WordWall e Jogos da Escola.

O site Coquinhos (Cokitos, c2011-2023) oferece jogos educativos *on-line* gratuitos para diferentes faixas etárias, desde crianças em idade pré-escolar até adultos. Os jogos interativos e pedagógicos disponíveis abrangem diversas áreas de aprendizado, incluindo atividades de alfabetização em português e inglês, jogos de matemática, digitação e jogos de tabuleiro. O “Draw123” busca estimular a criança a pintar os números usando os dedos ou o *mouse*. Os números pintados variam de zero a dez, mas não há um efeito sonoro que oriente a criança a saber qual número ela está pintando.

O “Aprenda a Contar”, da Escola Games (c2023a), é mais abrangente em comparação ao “Draw123”, pois além de oferecer diferentes níveis de dificuldade, também está disponível em quatro idiomas: português, inglês, espanhol e italiano. Este jogo auxilia as crianças, pois cada vez que o personagem coelho pula a corda, o número de saltos é pronunciado em voz alta, proporcionando um estímulo visual e auditivo para facilitar o aprendizado, além de treinar a agilidade e coordenação motora da criança. O “Eu Sei Contar”, também da Escola Games (c2023b), permite que as crianças pratiquem suas habilidades de quantificar, ao selecionar o número correspondente à quantidade de objetos exibidos na tela e anunciar se as respostas estão corretas ou incorretas.

O quiz “Antecessor e Sucessor” está disponível na plataforma Wordwall e pode ser encontrado em outras versões gratuitas da plataforma. O jogo explora os conceitos de números antecessores e sucessores, em formato de programa de perguntas e respostas com acumulação de pontos. Por fim, o “Calculando”, da Jogos da Escola, aborda as operações matemáticas básicas, como soma e subtração, oferecendo três níveis de dificuldade distintos, e permite que as crianças aprimorem suas habilidades progressivamente. Além disso, o usuário só avança para a próxima questão se resolver corretamente a anterior, com oportunidade de cinco tentativas antes de encerrar o jogo.

O Quadro 1 mostra a comparação das funcionalidades dos jogos analisados.

Características	Draw123	Aprenda a Contar	Eu Sei Contar	Antecessor e Sucessor	Calculando	MatematiPlay
Gratuito	X	X	X	X	X	X
Responsivo	X			X	X	X
Atribui pontuação				X	X	X
Contribui para o ensino da matemática		X	X	X	X	X
Focado em crianças da pré-escola	X	X	X	X		X
Apresenta efeitos sonoros para os números		X	X			X
Mostra os erros e acertos da criança			X	X	X	X
Tem diferentes níveis		X			X	
Criança consegue usar com o mínimo auxílio de um adulto	X	X				X

Quadro 1 – Comparação das funcionalidades do MatematiPlay e sistemas análogos

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Ao analisar o conjunto das principais características de todos os jogos avaliados, constata-se que o jogo MatematiPlay se aproxima muito de englobar todas as opções analisadas, destacando-se, assim, por esse conjunto de características como seu diferencial.

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento dos jogos foram identificadas de acordo com a experiência dos autores. Por se tratar de um projeto com foco na interface de interação com o usuário, as principais tecnologias empregadas foram HTML5, CSS3 e JavaScript. Para auxiliar no processo de desenvolvimento, também foi necessário o uso de ferramentas como Visual Studio Code (VSCode) e Replit (c2023), para compartilhamento do código com colaboradores, Git/GitHub para garantir um *backup* atualizado e seguro e o controle de versão do código. Além disso, o jogo foi hospedado no Netlify, plataforma gratuita de hospedagem de sites.

5 METODOLOGIA

A pesquisa é caracterizada na área de Ciências Exatas e da Terra, pois visa mostrar como o uso de jogos digitais pode auxiliar, de alguma forma, o docente no ensino regular da matemática para crianças da pré-escola. Diante disso, a pesquisa realizada configura-se como de natureza aplicada, pois tem como objetivo não apenas gerar novos conhecimentos, mas também aplicá-los de modo prático para resolver problemas específicos (Ferrari, 2020).

Segundo seus propósitos gerais, o método utilizado é o descritivo, pois é um tipo de pesquisa que descreve características, comportamentos ou fenômenos de determinado grupo ou população, sem interferir ou manipular as variáveis estudadas, buscando fornecer uma visão geral e detalhada do objeto de estudo (Gil, 2022).

Quanto à natureza dos dados, o método escolhido foi o qualitativo, tendo em vista a realização de entrevista com uma professora e estudantes, para analisar características e impressões a respeito do jogo. O método utilizado foi o indutivo, pois baseia-se na observação de um objeto ou fenômeno específico para chegar a conclusões gerais ou universais. É um processo mental que parte de dados particulares e, à medida que são confirmados, permitem inferir uma verdade mais ampla do que a inicialmente examinada (Ribas; Olivo, 2016).

A metodologia de desenvolvimento de *software* adotada é Agile Scrum, um *framework* de desenvolvimento ágil que se baseia em princípios de colaboração, adaptabilidade e entrega contínua. Suas principais vantagens são a flexibilidade, pois permite que as equipes se adaptem rapidamente às mudanças, entregas frequentes, garantindo a evolução do produto, colaboração entre os membros da equipe e foco no cliente (Silva, 2017).

O *framework* dispõe de alguns papéis, como o *Product Owner*, responsável por encontrar maneiras de maximizar o valor que o produto gera para o negócio; o *Scrum Master*, que é um facilitador e líder de serviço para equipe; e o *Development Team*, responsável por construir, validar e homologar incremento do produto (Silva, 2017). Porém, esses papéis foram desenvolvidos pelos integrantes do projeto de uma forma adaptada, devido ao número reduzido.

O público-alvo da pesquisa são crianças que estão iniciando sua vida escolar, com idades entre 5 e 6 anos, matriculadas no último ano da educação infantil de uma escola particular, localizada na região administrativa de Ceilândia, situada no Distrito Federal, na região centro-oeste do Brasil.

Inicialmente, foi criado o Diagrama de Processos, com o intuito de facilitar a rápida identificação e compreensão das atividades mais importantes, além de documentar, analisar e melhorar processos em diferentes contextos, como negócios, engenharia e desenvolvimento de *software*.

Em seguida, foi realizado o levantamento de requisitos, considerada uma etapa essencial no desenvolvimento de um projeto de *software*, pois integra o planejamento e visa identificar as ações e características necessárias para o *software*, como afirma Lima (2013).

A próxima fase de desenvolvimento do projeto de *software* é a prototipação. Müller e Saffaro (2011) afirmam que a prototipagem envolve a criação de modelos iniciais, também conhecidos como protótipos, que são versões originais ou modelos do produto final. Também observam que os protótipos virtuais oferecem maior flexibilidade para fazer ajustes durante o processo de desenvolvimento, tornando-os ideais para a visualização inicial do que se idealiza para o MatematiPlay. Esta flexibilidade permite atualizações fáceis e melhor visualização do produto final, reduzindo erros durante a fase de programação do jogo.

Com base nessas definições, avançou-se para o desenvolvimento prático do MatematiPlay. Para concretizar a visão do *website*, foram criadas telas utilizando a ferramenta *Figma*, que permite a colaboração simultânea de mais de um desenvolvedor e a criação de protótipos interativos que possibilitam vislumbrar como deverá funcionar o projeto verdadeiro, além de ser capaz de proporcionar *feedbacks* dos usuários antes mesmo de ter o *website* finalizado (Figma, 2024).

Cada uma das telas desenvolvidas oferece uma jornada desde a tela inicial até as interfaces finais dos dois jogos que serão desenvolvidos. Essas representações visuais detalhadas permitem visualizar e refinar cada etapa do processo de jogo, garantindo um produto mais robusto e bem planejado, porém o protótipo é de média fidelidade⁴, e algumas alterações poderão ser feitas posteriormente.

A tela inicial do sistema é apresentada na Figura 1, sendo a primeira versão do protótipo que proporciona ao usuário a escolha entre dois jogos disponíveis: o Jogo da Memória e o Jogo Quantifica.

4 Protótipo de média fidelidade é uma representação intermediária de um produto, serviço ou interface, situando-se entre o esboço inicial, que pode ser representado em papel, e o protótipo avançado com todas as funcionalidades desenvolvidas e testadas.



Figura 1 – Tela Inicial do protótipo MatematiPlay
Fonte: Elaborada pelos autores com auxílio de IA MS Copilot (2023).

O sistema foi concebido com o objetivo de desenvolver um *site* contendo dois jogos digitais. Para isso, foram criadas quatro telas diferentes, sendo a primeira delas a tela inicial, que oferece a opção de escolha entre os dois jogos disponíveis. Em seguida, há uma tela dedicada ao Jogo da Memória, outra destinada ao Quantifica, e por fim, a tela “Sobre”, que apresenta o projeto e informações relevantes quanto ao propósito do sistema. Além disso, o jogo conta com efeitos sonoros que auxiliam os jogadores, tendo em vista que a maioria do público-alvo está em processo de alfabetização.

Durante a fase de pré-teste com duas crianças próximas aos desenvolvedores, foi possível identificar diversas alterações, como o acréscimo do marcador de posição do usuário no Jogo Quantifica, para que o usuário saiba sua posição no jogo.

Já em relação às mudanças estéticas, observou-se que o Jogo Quantifica cativou particularmente as crianças devido às imagens geradas pela IA Microsoft Copilot®. Diante disso, foram feitas algumas modificações no jogo e no sistema em geral, incluindo a adição de imagens em diferentes pontos, como na tela inicial e nas cartas do Jogo da Memória. Para fornecer *feedback* visual no Jogo Quantifica, foram inseridas imagens de uma mascote feliz ou triste, dependendo da pontuação. Essa alteração foi motivada pelos questionamentos de desempenho dos usuários, que tinham dificuldade em compreender as mensagens escritas de *feedback* do jogo.

6 TESTES COM OS USUÁRIOS

Os testes com os usuários finais foram realizados em uma escola da rede privada de educação infantil do Distrito Federal, em janeiro de 2024. Participaram dos testes oito crianças, matriculadas no 2º pré-escolar (Jardim 2), que utilizaram uma versão beta do sistema, totalizando 2 horas e 30 minutos de interação com o sistema.

A versão beta de um sistema é a fase intermediária de um *software*, que ainda está em desenvolvimento, mas pronto o suficiente para ser liberado para que os usuários possam utilizá-lo com a finalidade específica de identificar problemas e fornecer sugestões de melhorias (Nascimento, 2014), tornando possível otimizar o sistema para entregar um produto final de melhor qualidade e desempenho.

O experimento foi conduzido com a autorização dos responsáveis pelos menores de idade, mediante a assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE). Por se tratar de um trabalho de conclusão de curso superior com duração de seis meses para desenvolvimento e apresentação, não houve a submissão ao comitê de ética em pesquisa. No entanto, todas as pessoas envolvidas tiveram acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que garantiu o sigilo dos nomes dos participantes e da escola. Com o auxílio e a supervisão da professora em sala de aula, cada participante teve a oportunidade de testar os dois jogos do sistema.

Foram disponibilizados dois *notebooks* conectados a um *mouse* para facilitar o desempenho das crianças, já que elas poderiam ter dificuldades com o *touchpad*. A proposta seria chamar cada criança da turma, uma por vez, para experimentar os jogos. Porém, algumas tiveram dificuldade em concluir os jogos em um tempo satisfatório, de acordo com a estimativa e disponibilidade da professora. Dessa forma, ficou decidido que seria uma dinâmica em pequenos grupos, com o intuito de desinibir os estudantes.

Como o protótipo foi um projeto de média fidelidade, utilizado para identificar as funcionalidades do jogo, a seguir serão apresentados como, de fato, ficaram as telas dos jogos. Na figura 2, observa-se a tela inicial do MatematiPlay, que mostra os dois jogos disponíveis que ficam destacados em vermelho ao passar o *mouse*. Além disso, desenhos de um lobinho pensativo cobrem o fundo da tela inicial, tendo sido essa imagem gerada pela IA Microsoft Copilot®.



Figura 2 – Tela Inicial do MatematiPlay

Fonte: Elaborada pelos autores com auxílio de IA MS Copilot (2024).

A Figura 3 ilustra a tela do Jogo da Memória, em que os cartões são colocados com o verso à mostra, com uma variação colorida da imagem gerada pela IA usada na tela inicial. Acima dos cartões, é mostrado o tempo gasto com a jogada.



Figura 3 – Tela do Jogo da Memória

Fonte: Elaborada pelos autores com auxílio de IA MS Copilot (2024).

A Figura 4 mostra uma das telas do Jogo Quantifica, em que são exibidos dois conjuntos de desenhos, todos gerados pela IA. Acima dos conjuntos, está escrita a mensagem “Qual imagem tem mais objetos?”.

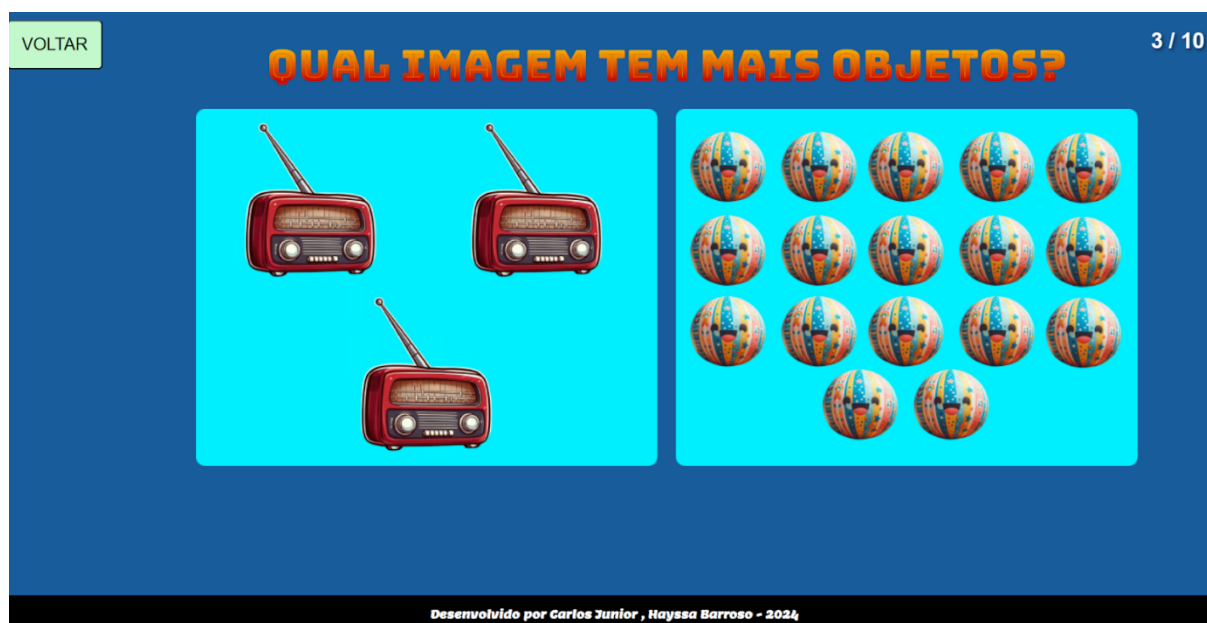


Figura 4 – Tela do Jogo Quantifica

Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de IA MS Copilot (2024).

A Figura 5 mostra uma das duas possibilidades finais para o Jogo Quantifica, quando o usuário recebe um *feedback* positivo, com a imagem gerada pela IA, de um lobo feliz (Figura 5a). A Figura 5b mostra a outra possibilidade, quando o usuário recebe um *feedback* negativo e uma imagem gerada pela IA de um lobo triste.

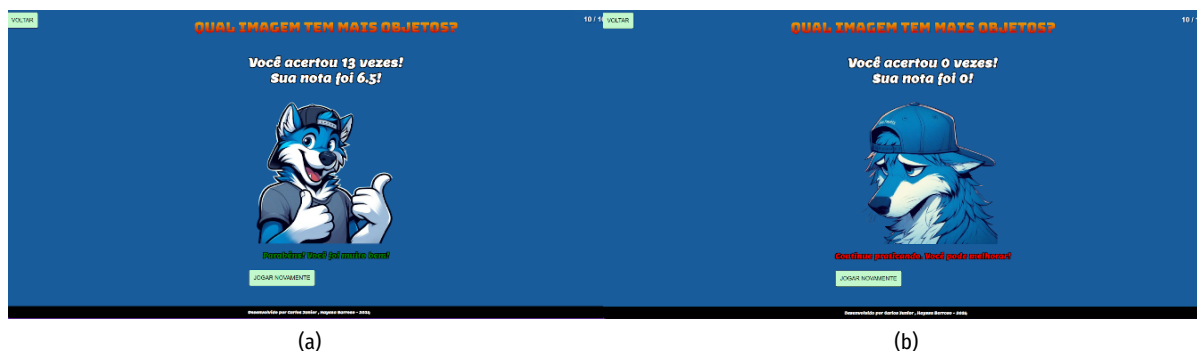


Figura 5 – Tela de retorno para resultado positivo (a) e resultado negativo (b)

Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de IA MS Copilot (2024).

7 RESULTADOS

Após a dinâmica em grupo, cada criança da turma foi chamada individualmente para responder algumas perguntas sobre sua percepção e experiência com os jogos, a fim de identificar como o recurso foi útil nesse processo de aprendizagem. Os participantes não foram identificados, sendo registrados apenas como “Criança” seguido de um número. Os resultados são apresentados no Quadro 2, com um total de cinco perguntas:

Estudantes	Perguntas e Respostas				
	Você gostou dos jogos?	Achou a atividade divertida?	Achou que ajudou a lembrar o que aprendeu?	Teve alguma dificuldade em algum dos jogos?	De qual jogo você gostou mais?
Criança 1	Sim	Sim	Sim	Não	Quantifica
Criança 2	Sim	Sim	Sim	Quantifica	Quantifica
Criança 3	Sim	Sim	Sim	Jogo da Memória	Quantifica
Criança 4	Sim	Sim	Sim	Não	Ambos
Criança 5	Sim	Sim	Sim	Não	Quantifica
Criança 6	Sim	Sim	Sim	Não	Jogo da Memória
Criança 7	Sim	Sim	Sim	Não	Jogo da Memória
Criança 8	Sim	Sim	Sim	Jogo da Memória	Ambos

Quadro 2 – Perguntas para as crianças

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Também com o intuito de saber como os jogos podem auxiliar as crianças no processo de ensino e aprendizagem da matemática, foi disponibilizado à professora da turma um questionário, pelo Google Formulários, com perguntas tanto a respeito do jogo criado como uma avaliação de um modo geral, a fim de verificar como os jogos digitais podem ser úteis na trajetória escolar dos estudantes (Quadro 3). Os resultados foram positivos, segundo a concordância (sim) para todas as perguntas.

Ordem	Pergunta
1	Você acredita que jogos digitais podem melhorar o aprendizado da matemática em crianças da pré-escola?
2	Você acredita que as crianças tenham se divertido com a atividade?
3	Você acredita que jogos digitais podem melhorar o interesse das crianças pela matemática?
4	Os jogos do MatematiPlay estão de acordo com a faixa etária das crianças para as quais você leciona?
5	Você acredita que a inserção de jogos digitais desde a pré-escola pode melhorar o desempenho dos alunos?
6	Os dois jogos apresentados foram atrativos para as crianças?
7	Você acredita que as crianças tiveram facilidade para entender os jogos?
8	Os jogos auxiliaram de alguma forma no conteúdo que é passado em sala?

Quadro 3 – Perguntas para a professora da turma.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tendo em vista que todas as respostas ao grupo de perguntas feitas à professora foram “sim”, pode-se concluir que o resultado foi satisfatório para o público quanto ao objetivo do projeto, conferindo revelações importantes para a conclusão do trabalho.

A avaliação de jogos digitais com a presença de docente e estudantes em ambiente escolar caracteriza-se como uma prática lúdica, significativa e interessante, pois leva-se para o contexto de sala de aula uma ferramenta nova para integrar o desafio e o aprendizado do conteúdo (Carvalho; Santos, 2023). Dessa forma, a professora pode promover um momento de aprendizagem, ao despertar o interesse e a satisfação das crianças, enquanto jogam, brincam e aprendem.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Direcionado para crianças em fase pré-escolar, o projeto MatematiPlay tem como objetivo auxiliar professores e estudantes no ensino da matemática de maneira lúdica. Busca-se estimular as crianças e facilitar seu aprendizado, tornando o ensino da matemática uma experiência divertida e prazerosa.

No entanto, é importante ressaltar que o jogo não tem a intenção de substituir o papel do professor, uma vez que os conteúdos abordados nos jogos representam apenas uma revisão do conteúdo que pode ser trabalhado pelo docente, mostrando ser de suma importância uma técnica de ensino eficaz, aliada ao jogo.

Além disso, o projeto está em estágio inicial e, por sua natureza de código aberto, permite que outros estudantes interessados deem continuidade ao desenvolvimento. Para tanto, é possível

trabalhar na criação de uma interface de acesso identificado que permita aos professores cadastrar os estudantes e monitorarem seu desempenho nos jogos, além de promover melhorias na responsividade e acrescentar mais acessibilidade ao projeto. Adicionalmente, seria factível a implementação de graus de dificuldade suplementares para avançar no nível de abordagem do conteúdo. Além disso, os jogos podem ser adaptados para abranger diferentes séries dos ensinos fundamental e médio, proporcionando, dessa forma, ampla variedade de experiências lúdicas.

Ressalta-se que o projeto é resultado de um trabalho de conclusão de curso superior de Tecnologia em Sistemas para Internet, ofertado no Instituto Federal de Brasília, *campus* Brasília, completado no início de 2024.

Conclui-se que o projeto cumpriu o seu papel, pois a partir dele as crianças participantes conseguiram praticar princípios matemáticos da contagem, trabalhar o raciocínio lógico e se divertir aprendendo. Este projeto forneceu um parecer valioso ao professor, que pôde identificar se as crianças estão, de fato, compreendendo o conteúdo abordado, o que demonstra que o projeto pode ser muito útil para as crianças que estão iniciando sua vida escolar, promovendo um envolvimento lúdico com a matemática.

9 REFERÊNCIAS

BURAK, D. *Modelagem matemática: ações e interações no processo de ensino aprendizagem*. 1992. 139 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/46030>. Acesso em: 30 jan. 2025.

CARVALHO, A. M. L. B.; PIROLA, N. A. O ensino da matemática na educação infantil e as concepções norteadoras da prática docente. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. *Anais [...]*. Pernambuco: UFPE, 2021. p. 623-633. Disponível em: <https://www.sbemrasil.org.br/files/viii/pdf/01/CC03047505810.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2025.

CARVALHO, C. N.; SANTOS, S. K. S. L. Abordagem Design Thinking no desenvolvimento de jogos digitais educativos como apoio à alfabetização. *Nova Paideia – Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa*, Brasília, DF, v. 5, n. 2, p. 50-62, 2023. Disponível em: <https://ojs.novapaideia.org/index.php/RIEP/article/view/291>. Acesso em: 19 dez. 2025. .

COKITOS. Aprender a escrever os números de 0 a 10. *Coquinhos*, c2011-2023. Disponível em: <https://www.coquinhos.com/aprender-a-escrever-os-numeros-de-0-a-10/>. Acesso em: 22 dez. 2025.

ESCOLA GAMES. Aprenda a contar. *Escola Games*. [S. l.], c2023a. Disponível em: <https://www.escolagames.com.br/jogos/aprendaContar/>. Acesso em: 13 out. 2023.

ESCOLA GAMES. Eu sei contar. *Escola Games*, [S. l.], c2023b. Disponível em: <https://www.escolagames.com.br/jogos/euSeiContar/?deviceType=computer>. Acesso em: 13 out. 2023.

FELCHER, C. D. O. *Uso de Tecnologias Digitais no Ensino de Matemática*. Ijuí: Editora Unijuí, 130 p. E-book, 2021. ISBN 9786586074840.

FERRARI, C. K. B. Como fazer pesquisas científicas na escola? Um guia para professores. *e-Mosaicos*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 20, p. 159-175, 2020. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/e-mosaicos/article/view/45084>. Acesso em: 14 nov. 2025.

FIGMA. *Figma*. Página principal. Disponível em: <https://www.figma.com/>. Acesso em: 30 maio 2024.

FONSECA, M. G; GONTIJO, C. H. *Estimulando a criatividade, motivação e desempenho em matemática: uma proposta para a sala de aula*. Curitiba: CRV, 2021.

FRASSON, F.; LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. de F. Aprendizagem significativa conceitual, procedimental e atitudinal: uma releitura da Teoria Ausubeliana. *Revista Contexto & Educação*, Ijuí, v. 34, n. 108, p. 303-318, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/8840>. Acesso em: 30 mar. 2025.

GATTI, B. A. Formação de professores no Brasil: características e problemas. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, out./dez. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/es/a/R5VNX8SpKjNmKPxxp4QMt9M/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 19 dez. 2025.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559771653. 186 p.

GONTIJO, C. H.; CARVALHO, A. T.; FONSECA, M. T.; FARIAS, M. P. *Criatividade em matemática: conceitos, metodologias e avaliação*. Brasília: Editora UnB, 2018.

LIMA, R. L. *Análise de requisitos técnicos para ilhamento intencional de geradores síncronos distribuídos*. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa de Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-10102013-145542/pt-br.php>. Acesso em: 30 mar. 2025.

MASOLA, W. de J.; ALLEVATO, N. S. G. Dificuldades de aprendizagem matemática: algumas reflexões. *Educação Matemática Debate*, Montes Claros, v. 3, n. 7, p. 52-67, 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/emd/article/view/78>. Acesso em: 30 mar. 2025.

MIGUEL, A.; VILELA, D. S. Práticas escolares de mobilização de cultura matemática. *Caderno Cedes*, Campinas, v. 28, n.74, p. 97-120, jan./abr., 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ccedes/a/S9BNCCb4HykNxbJPb5qfBmz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2025.

MÜLLER, A. L.; SAFFARO, F. A. A prototipagem virtual para o detalhamento de projetos na construção civil. *Ambiente Construído*, Londrina, v. 11, n. 1, p. 105-121, 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/16409>. Acesso em: 15 out. 2023.

MUNIZ, C. A. *Brincar e jogar: enlaces teóricos e metodológicos no campo da educação matemática*. 1. ed. São Paulo: Autêntica, 2021. 148 p.

NASCIMENTO, A. O que significa dizer que um software ou produto está em versão beta? *CanalTech*, 2014. Disponível em: <https://canaltech.com.br/produtos/O-que-significa-dizer-que-um-software-ou-produto-esta-em-versao-beta/>. Acesso em: 6 maio 2024.

REPLIT. Crie, envie e compartilhe com um poderoso IDE do Replit. *Replit*, c2023. Disponível em: <https://replit.com/>. Acesso em: 22 dez.2025.

RIBAS, T. M.; DE OLIVO, C. C. Adoção de métodos científicos como componente metodológica e sua explicação nas dissertações publicadas entre 2010 e 2014 de um Programa de Pós-Graduação em Administração. *Revista de Ciências da Administração*, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 81-90, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/2175-8077.2016v18n44p81>. Acesso em: 14 nov. 2025.

SANTOS, E. A. dos; BOTELHO, P. R.; RAABE, A. Jogos on-line e apps para consolidação dos princípios da contagem. *Univali*, Itajaí, v. 12, p. 623-633, 2021. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/acotb/article/view/17488>. Acesso em: 19 dez. 2025. .

SANTOS, I. do R. O.; GOMES, M. das N. Reflexões sobre metodologias de letramento matemático. In: ENCONTRO NACIONAL INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (ENICTS), 1., 2019, Paranaguá. *Anais [...]*. Curitiba: Revista Mundi Sociais e Humanidades, 2020. Edição Especial, v. 5, n. 1. Disponível em: <https://revistas.ifpr.edu.br/index.php/mundisociais/article/view/757>. Acesso em: 19 dez. 2025.

SANTOS, L. A articulação entre a avaliação somativa e a formativa, na prática pedagógica: uma impossibilidade ou um desafio? *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 92, p.637-669, jun. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/ZyxxQhwSHR8FQTSxy8JNczk/?lang=pt>. Acesso em: 19 dez. 2025.

SILVA, E. *Scrum e TFS: uma abordagem prática*. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2017.

SOUZA, K. M. T. *Jogos e modelagem na educação matemática*. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020. 103 p.

TARDIF, M.; LESSARD, C. *O trabalho docente: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas*. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2005.

WORDWALL. The Wordwall Quiz Show. *Wordwall*. [S. l.], [202-?]. Disponível em: <https://wordwall.net/pt/resource/8004439/antecessor-e-sucessor>. Acesso em: 13 out. 2023.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Introdução ou Considerações iniciais:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Referencial teórico:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Metodologia:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Análise de dados:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Discussão dos resultados:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Conclusão ou Considerações finais:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Referências:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Revisão do manuscrito:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos; **Aprovação da versão final publicada:** Carlos Rodrigues Pinto Júnior; Hayssa Gabrielly Brito Barroso; Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos.

CRedit - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 8 de maio de 2025.

Aprovado: 26 de novembro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

PINTO JÚNIOR, Carlos Rodrigues; BARROSO, Hayssa Gabrielly Brito; SANTOS, Sylvana Karla da Silva de Lemos. Jogos digitais no ensino da matemática para crianças. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 136-153, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Profa. Ma. Geisa Pires da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Desafiando o cérebro: funções executivas e as novas formas de pensar e aprender

Challenging the brain: executive functions and new ways of thinking and learning

Desafiando al cerebro: funciones ejecutivas y nuevas formas de pensar y aprender

MEYRE ANE SAMPAIO MOREIRA¹

MARIA RAIDALVA NERY BARRETO²

RESUMO

Este estudo explora a intersecção entre o desenvolvimento das funções executivas (FEs) em crianças e adolescentes e o uso de jogos como estratégia pedagógica, reconhecendo a importância das FEs para o sucesso acadêmico e social. Diante da popularidade dos jogos e da evidência de que déficits nessas habilidades afetam a aprendizagem, o objetivo é analisar como os jogos podem contribuir para o desenvolvimento das FEs no ambiente escolar, investigando a relação entre FEs e aprendizagem e avaliando a utilização pedagógica de jogos tanto eletrônicos quanto analógicos. A relevância desse estudo reside em compreender como ferramentas lúdicas e motivadoras podem ser integradas ao currículo para aprimorar habilidades cognitivas e superar dificuldades de aprendizagem. A metodologia empregada foi uma revisão bibliográfica narrativa de estudos teóricos e empíricos sobre funções executivas, aprendizagem e gamificação na educação, buscando identificar contribuições e lacunas no conhecimento atual. Os resultados indicam que o uso estratégico de jogos promove significativamente o desenvolvimento das FEs, com jogos de planejamento e estratégia aprimorando criatividade, resolução de problemas, memória de trabalho e controle inibitório. No entanto, a eficácia pedagógica não é automática; exige a mediação ativa do professor, alinhada à perspectiva freiriana de autonomia e pensamento crítico. Por fim, conclui-se que os jogos são instrumentos de transformação educacional com imenso potencial para desenvolver cidadãos críticos e engajados, desde que explorados com intencionalidade pedagógica e suportados por uma infraestrutura adequada, com formação docente contínua.

Palavras-chave: funções executivas; aprendizagem; jogos; tecnologias.

ABSTRACT

This study explores the intersection between the development of executive functions (EFs) in children and adolescents and the use of games as a pedagogical strategy, recognizing the importance of EFs for academic and social success. Given the popularity of games and the evidence that deficits in these skills affect learning, the objective is to analyze how games can contribute to the development of EFs in the school environment, investigating the relationship between EFs and learning, and evaluating the pedagogical use of both electronic and analog games. The relevance of this study lies in understanding how play-based and motivating tools can be integrated into the curriculum to improve cognitive skills and overcome learning difficulties. The methodology employed was a narrative literature review of theoretical and empirical studies on executive functions, learning, and gamification in education, seeking to identify contributions and gaps in current knowledge. The results indicate that the strategic use of games significantly promotes the development of EFs, with planning and strategy games improving creativity, problem-solving, working memory, and inhibitory control. However,

1 Universidade do Estado da Bahia (Uneb). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1466-5906>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4962862887127732>. E-mail: melsmoreira@hotmail.com.

2 Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia da Bahia (IFBA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9225-4758>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4952817607443275>. E-mail: raybarreto@gmail.com.

pedagogical effectiveness is not automatic; it requires active mediation by the teacher, aligned with Freire's perspective of autonomy and critical thinking. Finally, it is concluded that games are instruments of educational transformation with immense potential to develop critical and engaged citizens, as long as they are explored with pedagogical intent and supported by an adequate infrastructure and continuous teacher training.

Keywords: executive functions; learning; games; technologies.

RESUMEN

Este estudio explora la intersección entre el desarrollo de las funciones ejecutivas (FE) en niños y adolescentes y el uso de los juegos como estrategia pedagógica, reconociendo la importancia de las FE para el éxito académico y social. Ante la popularidad de los juegos y la evidencia de que las deficiencias en estas habilidades afectan al aprendizaje, el objetivo es analizar cómo los juegos pueden contribuir al desarrollo de las FE en el entorno escolar, investigando la relación entre las FE y el aprendizaje y evaluando el uso pedagógico de los juegos, tanto electrónicos como analógicos. La relevancia de este estudio radica en comprender cómo las herramientas lúdicas y motivadoras pueden integrarse en el plan de estudios para mejorar las habilidades cognitivas y superar las dificultades de aprendizaje. La metodología empleada fue una revisión bibliográfica narrativa de estudios teóricos y empíricos sobre funciones ejecutivas, aprendizaje y gamificación en la educación, con el fin de identificar contribuciones y lagunas en el conocimiento actual. Los resultados indican que el uso estratégico de los juegos promueve significativamente el desarrollo de las FE, con juegos de planificación y estrategia que mejoran la creatividad, la resolución de problemas, la memoria de trabajo y el control inhibitorio. Sin embargo, la eficacia pedagógica no es automática, sino que requiere la mediación activa del profesor, en línea con la perspectiva freiriana de autonomía y pensamiento crítico. Por último, se concluye que los juegos son instrumentos de transformación educativa con un enorme potencial para desarrollar ciudadanos críticos y comprometidos, siempre que se exploren con intencionalidad pedagógica y se apoyen en una infraestructura adecuada, con formación docente continua.

Palabras clave: funciones ejecutivas; aprendizaje; juegos; tecnologías.

1 INTRODUÇÃO

No cenário educacional contemporâneo, um dos maiores desafios reside no desenvolvimento das funções executivas (FEs), um conjunto de habilidades cognitivas cruciais para o autocontrole, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva em crianças e adolescentes. Essas capacidades são fundamentais não apenas para o sucesso acadêmico, mas também para a adaptação social e a resolução de problemas na vida cotidiana. Pesquisadores como Santana e Roazzi (2023), por exemplo, enfatizam em estudos recentes a centralidade das funções executivas para a organização, o planejamento de tarefas, a ação intencional e o automonitoramento, destacando que elas são essenciais para a aprendizagem. Eles afirmam, ainda, que diferenças individuais nas FEs de crianças predizem seu desempenho escolar posterior, podendo ser até mais importantes para o sucesso inicial do que o conhecimento de matemática e escrita em si. Diante da crescente evidência do papel central das FEs e da popularidade ascendente dos jogos eletrônicos e analógicos entre as novas gerações, torna-se imperativa a exploração do potencial educacional dessas ferramentas. Com base nesse cenário, este estudo propõe-se a analisar a intersecção entre as funções executivas (FEs) e o

uso de jogos – analógicos e digitais – como estratégia para otimizar a aprendizagem em crianças e adolescentes. O objetivo é investigar como os jogos contribuem para o desenvolvimento das FEs no ambiente escolar, avaliando seu uso pedagógico e propondo diretrizes para uma implementação eficaz de gamificação no contexto educacional.

A aprendizagem, tanto no âmbito formal quanto no informal, é um processo dinâmico de construção do conhecimento. Entre os diversos caminhos que favorecem essa construção, as atividades lúdicas, como jogos e brincadeiras, se destacam por proporcionar experiências de aprendizado mais envolventes e gratificantes. Essas abordagens lúdicas não apenas incentivam o interesse dos alunos, mas também facilitam a assimilação de conceitos de maneira mais eficaz e prazerosa.

A respeito desse assunto, Leôncio (2020, p. 110) afirma que

O brincar e o jogo, compreendidos como atividades lúdicas intrínsecas ao desenvolvimento infantil, são ferramentas potentes que, por sua natureza prazerosa e envolvente, estimulam a construção de conhecimentos, o aprimoramento da coordenação motora, a expressão de sentimentos e a interação social, elementos cruciais para a formação integral do indivíduo.

Além disso, vale destacar que, de acordo com os autores Brandão *et al.* (2019) e Werbach e Hunter (2012), os jogos eletrônicos não apenas proporcionam entretenimento, mas também são utilizados em contextos como treinamentos profissionais e terapias cognitivas.

Em seus estudos, Frizzo e Dallegrave (2019, p. 153), por sua vez, afirmam que:

A prática com os jogos digitais, especialmente aqueles que exigem raciocínio estratégico, estimula o desenvolvimento e a otimização de funções cognitivas como a atenção, a memória operacional e a flexibilidade cognitiva, fundamentais para a aquisição de novos conhecimentos.

Em vista disso, essa versatilidade é fundamental para a adoção desse recurso no ambiente educacional. Atualmente, os jogos apresentam um potencial ilimitado, já que estimulam os jogadores a utilizar a criatividade e a imaginação para criar narrativas e desenvolver suas habilidades motoras e cognitivas. Além do mais, com a possibilidade de jogar em rede, por meio da internet, esses jogadores interagem com um número cada vez maior de pessoas que também participam dos jogos.

Munhoz e Battaiola (2020) apontam que os jogos são sistemas de regras em que os jogadores tomam decisões e, através dessas decisões, criam significado. Assim, a definição clara de objetivos deve preceder a seleção do jogo, garantindo que este sirva como um meio eficaz para alcançar os fins educacionais desejados. Um exemplo prático pode ser observado no uso de jogos de tabuleiro, que têm se mostrado altamente eficazes no ensino da matemática e no desenvolvimento

de habilidades de raciocínio lógico. Jogos como *Catan* ou *Ticket to Ride*³ proporcionam interação, estratégia e resolução de problemas, elementos fundamentais para o desenvolvimento cognitivo.

Terra (2025) enfatiza que jogos são boas ferramentas para a aprendizagem porque permitem que os alunos pratiquem habilidades em um ambiente seguro, onde o erro é parte do processo de aprendizado, um princípio crucial em um mundo em constante mudança. Logo, ao integrar jogos à sala de aula, é crucial que os educadores tenham em mente o processo de feedback rápido que os jogos proporcionam, ajudando os alunos a refletir sobre as próprias decisões e a desenvolver um pensamento crítico.

Apesar dos benefícios, a adoção de jogos na educação enfrenta diversos desafios. A formação docente é um desses desafios, tendo em vista que as licenciaturas tradicionais raramente preparam os futuros professores para integrar jogos ao currículo. Além disso, a formação continuada, muitas vezes, é pontual e não oferece uma base teórica e prática consistente sobre gamificação, design de jogos educacionais e estratégias de mediação. Assim, como aponta Oliveira (2020), uma formação continuada eficaz é crucial para assegurar que as metodologias de gamificação sejam aplicadas de maneira eficaz. Sem o devido acompanhamento e preparação, corre-se o risco de essas abordagens não atingirem seus objetivos pedagógicos, limitando seus potenciais benefícios no processo de ensino-aprendizagem.

Deve-se, portanto, promover encontros formativos e cursos que não se limitem ao uso de tecnologias de jogos, uma vez que não se trata apenas de ensinar a usar uma nova tecnologia, mas de reconfigurar a prática pedagógica em um cenário dinâmico, com vistas a inserir ações pedagógicas inovadoras que integrem essas ferramentas de forma crítica e reflexiva no cotidiano escolar. Além disso, a variação nas formas de jogos – dos eletrônicos aos analógicos – também deve ser considerada, uma vez que diferentes alunos podem ter preferências distintas em relação ao estilo de aprendizagem.

Nessa perspectiva, a abordagem de Souza *et al.* (2020) sobre aprendizagem experiencial sugere que o aprendizado se torna mais efetivo quando os alunos têm a oportunidade de refletir sobre suas experiências. Por isso, a avaliação contínua das práticas de ensino e a coleta de feedback são componentes imprescindíveis para o aprimoramento das metodologias empregadas, tendo em vista que a aplicação dos jogos como uma ferramenta educacional não se limita à mera gamificação da sala de aula. Trata-se, na verdade, de um convite para uma reavaliação crítica das práticas pedagógicas, em que o planejamento cuidadoso e a reflexão constante são fundamentais para o sucesso. Por conseguinte, ao promover um ambiente de aprendizagem dinâmico, que valorize as

3 *Catan* e *Ticket to Ride* são jogos de tabuleiro populares que envolvem estratégia e competição.

funções executivas, os professores contribuirão não apenas para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, mas também para a formação de cidadãos mais críticos, inquiridores, criativos e engajados.

A relevância deste estudo está diretamente relacionada à necessidade de entender como ferramentas lúdicas, que possuem um caráter intrinsecamente motivador, podem ser efetivamente integradas ao currículo educacional. Ao investigar o papel dos jogos no desenvolvimento e fortalecimento das funções executivas, este artigo busca aprofundar a compreensão sobre os mecanismos e as estratégias que podem ser empregados para superar dificuldades de aprendizagem. Dessa forma, pretende-se facilitar a construção do conhecimento e promover um ambiente educacional mais dinâmico e inclusivo.

Nas seções seguintes, será apresentada uma análise detalhada das bases teóricas que sustentam a discussão sobre as funções executivas e sua conexão com os transtornos de aprendizagem. Ainda, será explorado o fenômeno da aprendizagem em si, destacando como os jogos podem atuar como ferramentas pedagógicas eficazes. Por fim, serão apresentados os resultados obtidos e as diretrizes práticas para a implementação da gamificação na educação.

2 AS FUNÇÕES EXECUTIVAS E ALGUNS TRANSTORNOS DE APRENDIZAGEM

O processo de aprendizagem, embora intrínseco ao desenvolvimento humano, não ocorre de forma homogênea para todos os indivíduos. Essa variabilidade, frequentemente associada a desafios específicos, demanda uma compreensão aprofundada dos mecanismos cognitivos subjacentes, em particular as funções executivas (FEs). No campo da neuropsicologia, as FEs são conceituadas como um conjunto de habilidades cognitivas de alto nível que permitem aos indivíduos engajar-se em comportamentos orientados a objetivos (Dias; Menezes; Seabra, 2010). Elas são essenciais para ações voluntárias, independentes, auto-organizadas e direcionadas a metas, sendo particularmente importantes em circunstâncias novas ou em situações que exigem ajuste e flexibilidade comportamental (Diamond, 2013).

Mourão Júnior e Melo (2011) corroboram essa perspectiva, afirmando que as funções executivas são ativadas sempre que há necessidade de formular planos de ação ou selecionar e esquematizar uma sequência apropriada de respostas. Neuroanatomicamente, as FEs estão predominantemente ligadas aos lobos frontais do cérebro, especialmente o córtex pré-frontal, que se subdivide em regiões lateral, medial e orbital. Essas regiões possuem conexões complexas com estruturas como o hipotálamo, o tálamo, os núcleos da base e os córtices sensoriais e motores, permitindo uma função integrativa essencial para a organização do comportamento.

No entanto, para exercer essa função integrativa e temporal do comportamento, o córtex pré-frontal coordena três subfunções cognitivas principais:

Ajuste Preparatório: Uma função prospectiva que prepara o organismo para ações futuras com base nas informações recebidas, antecipando demandas. **Controle Inibitório:** Capacidade de inibir respostas impróprias ou a estímulos distratores, garantindo o curso efetivo de uma ação ou resposta adequada. **Memória de Trabalho:** Sistema de capacidade limitada que mantém e armazena informações temporariamente, sustentando os processos de pensamento e fornecendo uma interface entre percepção, memória de longo prazo e ação (Mourão Júnior; Melo, 2011, p. 319, grifo nosso).

Entrementes, danos ou disfunções nas estruturas cerebrais responsáveis pelas funções executivas podem acarretar diversas alterações cognitivo-comportamentais. Essas alterações manifestam-se por meio de dificuldades na seleção de informações, distratibilidade, problemas na tomada de decisão, desorganização, comportamento perseverante ou estereotipado e limitações na abstração e antecipação das consequências (Dias; Menezes; Seabra, 2010). Consequentemente, lesões cerebrais podem provocar distúrbios atencionais e prejuízos nas funções de percepção, planejamento, organização e inibição comportamental (Szczepanski; Knight, 2014).

Esse cenário complexo evidencia que as relações entre as habilidades executivas e o desempenho escolar são cruciais, podendo explicar a variedade de ritmos e dificuldades de aprendizagem entre os indivíduos. As inabilidades cognitivas podem se manifestar como transtornos de aprendizagem específicos, como:

Dislexia: Dificuldades específicas na compreensão de palavras escritas. **Disgrafia ou Disortografia:** Inabilidades relacionadas à ortografia, caligrafia e composição textual. **Discalculia:** Dificuldades específicas no manejo de números, aquisição de conceitos matemáticos e pensamento lógico-matemático (Gonçalves, 2007, p. 3, grifo nosso).

Atualmente, a abordagem sobre déficits de aprendizagem evoluiu de uma visão puramente acadêmica para uma perspectiva que os considera, muitas vezes, manifestações de déficits executivos. Esses déficits estão intrinsecamente ligados a funções como a atenção, a memória de trabalho e o controle inibitório (Mourão Júnior; Melo, 2009). Estudos como os de Diamond (2013) reforçam a centralidade das funções executivas para a aprendizagem eficaz, destacando o impacto direto da capacidade de regular a atenção e as emoções no desempenho acadêmico. Entretanto, para abordar esses desafios, é imprescindível uma avaliação abrangente das funções executivas por profissionais qualificados em psicologia ou neuropsicologia.

A partir dessa análise, estratégias personalizadas podem ser desenvolvidas para minimizar dificuldades e maximizar o potencial do indivíduo. A implementação de intervenções baseadas em jogos que promovem habilidades de autocontrole e foco, como programas de *mindfulness*⁴, tem se mostrado eficaz em ambientes escolares, melhorando o bem-estar emocional e ampliando as capacidades de atenção e memória dos alunos (Zenner; Herrnleben-Kurz; Walach, 2014).

Além das intervenções terapêuticas, é fundamental que o sistema educacional promova uma visão crítica sobre a diversidade cognitiva dos alunos. Autores como Gardner (2011), com sua teoria das múltiplas inteligências, ressaltam a importância de reconhecer diferentes formas de aprender e adaptar o ambiente escolar às necessidades individuais dos estudantes. A inclusão de métodos pedagógicos diversificados, em que a gamificação pode ser uma forte aliada, surge como um caminho promissor para enfrentar os desafios dos déficits de aprendizagem e construir um ambiente educacional mais inclusivo e eficaz.

3 METODOLOGIA

Este estudo adota uma revisão de literatura para analisar criticamente estudos teóricos e empíricos sobre funções executivas (FEs), aprendizagem e a aplicação de jogos no ambiente escolar. A revisão de literatura é uma metodologia robusta nas ciências sociais, permitindo uma exploração aprofundada da literatura existente, a identificação de contribuições significativas de diversos autores e a elucidação de lacunas no conhecimento atual (Gil, 2023). Essa abordagem não apenas facilita um levantamento teórico consistente sobre o tema, mas também serve como alicerce para o desenvolvimento de novos argumentos e *insights*.

Para a elaboração deste artigo, a pesquisa foi conduzida de forma sistemática utilizando as bases de dados Scopus, Web of Science e Google Scholar, entre outras, considerando a evolução das discussões sobre as funções executivas e a aprendizagem ao longo das últimas décadas, assim como a crescente relevância do uso de entretenimento digital no contexto escolar, mediante a utilização da gamificação. A estratégia de busca envolveu a combinação de descritores em português e inglês: funções executivas (*executive functions*), aprendizagem (*learning*), jogos eletrônicos (*digital games*), jogos analógicos (*analog games*), gamificação na educação (*gamification in education*) e transtornos de aprendizagem (*learning disorders*).

4 “O *mindfulness* (ou “atenção plena”) é uma técnica de desenvolvimento pessoal para atingir um estado de presença e consciência intencional do corpo e da mente” (Clovis Filho, 2023).

Os critérios de inclusão abrangeram artigos acadêmicos, livros e estudos de caso publicados entre 2010 e 2025 que abordam explicitamente a relação entre jogos e o desenvolvimento das funções executivas em contextos educacionais, ou a relação entre funções executivas e aprendizagem. Os critérios de exclusão foram aplicados a estudos focados exclusivamente em aspectos clínicos de transtornos neurológicos, pesquisas que não passaram por revisão por pares (como teses de graduação ou material não acadêmico) e artigos que não estabeleciam uma relação clara com a educação.

A análise do material selecionado concentrou-se em como os jogos podem potencializar habilidades críticas como autocontrole, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva, aspectos fundamentais para o desenvolvimento integral dos alunos. Além disso, a revisão buscou identificar as melhores práticas e desafios na implementação da gamificação nas práticas pedagógicas, visando propor diretrizes para um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e interativo. A revisão buscou também capturar a evolução das discussões sobre as funções executivas e a aprendizagem ao longo das últimas décadas, bem como a crescente relevância do uso de entretenimento digital no contexto escolar.

Diante do exposto, a metodologia de revisão bibliográfica aplicada neste estudo não apenas contribui para a construção de um quadro teórico robusto, mas também estabelece um diálogo contínuo com a prática educativa contemporânea, indicando novas direções para a pesquisa e a aplicação de jogos no ambiente escolar. Por meio dessa abordagem, busca-se fomentar uma reflexão crítica sobre a integração das tecnologias digitais no ensino, promovendo uma educação mais engajadora e eficaz.

4 O FENÔMENO DO APRENDIZADO

A compreensão de como o ser humano constrói seu próprio conhecimento tem sido uma questão central na história. O aprendizado, do ponto de vista filogenético, é uma função neural ancestral, cujas bases moleculares foram inicialmente desvendadas em organismos simples (Mourão Júnior; Melo, 2009). Conceitualmente, pode ser definido como a modificação de um comportamento em resposta a pressões do ambiente, o que envolve a aquisição de informações (Mourão Júnior; Melo, 2009). Em humanos, essa aquisição é intrinsecamente ligada a fatores como o estado emocional e a motivação, tornando o processo altamente individualizado.

Para Teotonia e Moura (2020), a aprendizagem é um processo ativo pelo qual o ser humano se apropria do conhecimento socialmente produzido. Em qualquer ambiente, ela conduz a transformações no indivíduo, que aprende ao aplicar estratégias para processar novas informações,

relacioná-las com conhecimentos prévios e organizá-las adequadamente na memória. A eficácia desse processo depende diretamente das estratégias cognitivas empregadas. Conforme Oliveira e Chadwick (2004 *apud* Vilaça, 2013), boas estratégias facilitam a aprendizagem, a estruturação e a organização do que foi aprendido, aumentando a capacidade de recuperação e generalização. Por outro lado, estratégias ineficazes levam ao acúmulo desordenado de informações, sem articulação.

É fato que, tradicionalmente, por muitos anos a educação priorizou o “ensinar” sobre o “aprender”, com o professor como figura central e a memorização como principal método avaliativo. No entanto, o paradigma atual da educação difere significativamente dessa realidade. O professor é hoje percebido como um educador, um facilitador que cria situações que favorecem a construção do conhecimento pelo aluno. Para tanto, é fundamental que o educador compreenda o processo de desenvolvimento cognitivo da criança e do adolescente, visto que a maturação cerebral expande a memória ativa e a capacidade de manejar informações (Oliveira; Chadwick, 2004). Além disso, é crucial considerar o ritmo de aprendizagem individual. Pesquisas indicam que o desempenho melhora significativamente quando o aluno aprende em um ritmo adequado às suas capacidades. A pressão por um aprendizado mais rápido do que o próprio ritmo pode dificultar o domínio pleno dos objetivos. Assim, administrar e modular o ritmo do ensino e da aprendizagem é uma das ferramentas mais eficazes do educador, pois respeitar os estilos de aprendizagem facilita o processo.

Essa mesma linha de entendimento se alinha com as reflexões de teóricos como Lev Vygotsky e Howard Gardner. Vygotsky (2007), por exemplo, com sua teoria da “zona de desenvolvimento proximal”, sugere que a aprendizagem é mais eficaz quando o professor propõe desafios ligeiramente além do nível de desenvolvimento atual do aluno, com o suporte adequado. Ou seja, ao respeitar o ritmo e as necessidades individuais, o professor não apenas facilita a assimilação do conhecimento, mas também estimula a curiosidade e a motivação. Gardner (2011), por sua vez, por meio de sua teoria das “múltiplas inteligências”, amplia a perspectiva de que cada aluno possui diferentes formas de aprender e processar informações. Ele defende que as experiências de aprendizagem devem ser diversificadas, adaptando-se às diversas inteligências presentes na sala de aula.

Adicionalmente, Piaget (1998) enfatiza que a aprendizagem é uma experiência ativa de (re) construção, por meio da qual os alunos devem ser encorajados a explorar, questionar e refletir sobre suas experiências. Assim, um currículo que permite escolhas e a autorregulação pode ser mais eficaz do que um que impõe uma sequência rígida de conteúdo. Pesquisas, como as de John Hattie (2009), revelam que abordagens de ensino que enfatizam o feedback e a personalização do aprendizado têm um impacto significativo no desempenho acadêmico. Isso reforça a necessidade de docentes praticarem a adaptação do ensino, utilizando soluções como avaliações contínuas e planos de estudo individualizados, sempre respeitando o *timing* e o estilo de aprendizagem de cada aluno.

Em síntese, a aprendizagem deve ser vista como um processo dinâmico e individualizado, que leva em consideração fatores internos e externos, sociais e emocionais. Promover um ambiente que respeite esses aspectos é essencial para apoiar os alunos em sua jornada de (re)construção do saber. Os professores devem buscar uma modulação eficiente das práticas pedagógicas, favorecendo experiências que dialoguem com o ritmo pessoal de cada estudante, liberando, assim, o potencial máximo do seu processo educativo.

5 JOGOS ELETRÔNICOS COMO FERRAMENTAS DE APRENDIZAGEM

Nas últimas décadas, a discussão sobre o jogo como ferramenta de aprendizagem tem ganhado destaque, com muitos estudiosos da educação defendendo o uso de jogos, especialmente os eletrônicos/digitais, como facilitadores do aprendizado e do desenvolvimento cognitivo de crianças e adolescentes. Nessa direção, o processo educacional, de acordo com Sena e Moura (2007), é crucial para a aquisição de conhecimentos sistematizados, a socialização e a formação de indivíduos críticos e reflexivos. A priorização da brincadeira, da criação, dos jogos e das descobertas se torna fundamental para o desenvolvimento da liberdade e da expressão da criança.

É inegável que numerosas transformações ocorreram nas últimas décadas, posto que o mundo evoluiu, assim como as pessoas e os tempos mudaram. As crianças e os adolescentes de hoje já não brincam como as gerações passadas; em vez disso, optam por se divertir com dispositivos tecnológicos. Essa mudança de comportamento está amplamente relacionada ao avanço da tecnologia e seu impacto nas formas de lazer e interação social. Em conformidade com esse pensamento, Moreira (2010, p. 22) afirma que

Desde o fim do século passado que a sociedade tem vivido grandes transformações impulsionadas pelo avanço tecnológico em todos os setores sociais. Na educação, por exemplo, com o advento das novas TICs, o modo de ensinar e de aprender vem sofrendo muitas mudanças.

Além disso, as mídias digitais, especialmente nas últimas décadas, têm proporcionado à escola uma rica diversificação nas práticas pedagógicas. Ferramentas como a internet, os computadores e os recursos midiáticos facilitam o processo de ensino-aprendizagem e reconfiguram a forma como alunos e professores interagem. Entre essas novas abordagens, os jogos eletrônicos se destacam como uma das opções mais dinâmicas de promoção de interação e disseminação de conhecimento. Eles não só favorecem o desenvolvimento cognitivo, mas também estimulam a construção de saberes e habilidades de forma envolvente e interativa.

Estudos recentes corroboram essa perspectiva. Por exemplo, a pesquisa de Gee (2007) enfatiza que os jogos eletrônicos são ambientes de aprendizado ricos onde os jogadores enfrentam desafios que promovem o pensamento crítico e a resolução de problemas. Gee (2007) ainda argumenta que a estrutura desses jogos promove uma forma de aprendizado ativo, na qual os alunos se tornam participantes em vez de meros receptores de informação. Essa ideia é reforçada por Almeida e Gomes (2017), que observam que os jogos digitais podem ajudar os estudantes a desenvolver habilidades de colaboração e comunicação, essenciais para o sucesso no século XXI.

Os professores também reconhecem a importância dessas ferramentas lúdicas, e Almeida (2018) destaca que, quando utilizados estrategicamente no ambiente escolar, os jogos eletrônicos podem enriquecer significativamente o currículo. Por exemplo, jogos que simulam cenários históricos permitem que os alunos vivenciem eventos passados de forma interativa, promovendo uma compreensão mais profunda e crítica do conhecimento. Além disso, conforme Sena e Moura (2007) apontam, as atividades lúdicas influenciam significativamente o desenvolvimento intelectual e emocional das crianças.

Portanto, é fundamental que as instituições de ensino adotem uma postura proativa em relação às inovações tecnológicas e integrem jogos diversos no cotidiano escolar. Essa integração, no entanto, exige que docentes participem de formações continuadas e cursos em metodologias que valorizem o lúdico, utilizando jogos não apenas para entreter, mas também para solidificar conceitos e fomentar discussões relevantes. Para que essa proposta se concretize, algumas sugestões podem ser consideradas: formação docente continuada em educação digital; investimento em infraestrutura adequada para o uso de tecnologias em sala de aula; e incentivo à colaboração entre professores para o desenvolvimento de atividades que articulem jogos, especialmente os eletrônicos ao conteúdo curricular.

Em síntese, a implementação de jogos diversos, aliada a novas práticas pedagógicas, transcende uma mera tendência. Trata-se de uma necessidade que pode potencializar o desenvolvimento de habilidades e competências cognitivas, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e conectada com as demandas contemporâneas. Educadores e instituições, além de acompanhar as transformações do mundo digital, precisam assumir uma postura crítica e reflexiva sobre como integrar eficazmente essas ferramentas em suas abordagens. A promoção de um ambiente de aprendizado dinâmico e interativo pode estimular o engajamento dos alunos, tornando-os protagonistas do próprio processo de aprendizagem, o que contribui para a retenção de conhecimento e para o desenvolvimento de competências socioemocionais e trabalho em equipe, essenciais para o futuro pessoal e profissional.

6 RESULTADOS

As evidências coletadas por meio desta revisão bibliográfica indicam que o uso estratégico de jogos no contexto educacional promove, de forma significativa, o desenvolvimento das funções executivas nos estudantes. Conforme Santana e Alves (2009), o jogo, como atividade lúdica e prazerosa, fomenta a formação de conceitos e o desenvolvimento de habilidades motoras, afetivas e de sociabilidade. A análise demonstrou, ainda, que diferentes tipos de jogos, especialmente os eletrônicos/digitais, revelam-se como ferramentas potentes para engajamento e aprendizado ativo, conforme observado por Gee (2007), que argumenta que os jogos são boas ferramentas para a aprendizagem porque permitem que os alunos pratiquem habilidades em um ambiente seguro.

Identificou-se, também, que jogos digitais e jogos de tabuleiro que exigem planejamento estratégico, como *Catan* ou *Ticket to Ride*, são particularmente eficazes. Esses jogos incentivam a criatividade e cultivam a resolução de problemas, aprimorando a memória de trabalho e o controle inibitório, ao exigir que os jogadores antecipem movimentos e se adaptem a novas situações. O processo de feedback rápido, inerente aos jogos, ajuda os estudantes a refletir sobre suas decisões e a desenvolver o pensamento crítico, aspecto cuja importância é destacada por Hattie (2009) em suas pesquisas sobre o impacto do feedback na aprendizagem.

Observe a Tabela 1 com exemplos de jogos e das funções executivas desenvolvidas durante a prática.

Tipo de Jogo	Exemplo Específico	Função Executiva Desenvolvida
Jogos de Tabuleiro	<i>Catan</i> , <i>Ticket to Ride</i>	Planejamento, Flexibilidade Cognitiva e Resolução de Problemas. Exigem que o jogador antecipe movimentos, adapte suas estratégias a novas situações e gerencie recursos.
Jogos de Estratégia Digital	<i>Age of Empires</i> , <i>Starcraft</i>	Planejamento, Memória de Trabalho e Tomada de Decisão. O jogador precisa coordenar múltiplas ações simultâneas e manter objetivos de longo prazo.
Jogos de Raciocínio Lógico	Sudoku, Quebra-cabeças	Flexibilidade Cognitiva, Controle Inibitório e Raciocínio Lógico. Requerem a mudança de estratégias e a capacidade de ignorar informações irrelevantes para encontrar a solução.

Tabela 1 – Exemplos de Jogos e o Desenvolvimento de Funções Executivas

Fonte: elaborada pelos(as) autores(as) (2025).

Contudo, a implementação de jogos como estratégia educacional não está isenta de desafios. Oliveira (2020) aponta que a formação continuada de professores é um fator crítico para garantir a aplicação eficaz da metodologia da gamificação. Sem a preparação adequada, há o risco de que

a utilização de jogos não atinja seu potencial pedagógico pleno, resultando em uma experiência de aprendizado superficial. Assim, é imperativo fornecer aos educadores não apenas a formação técnica sobre os jogos, mas também uma compreensão crítica do seu papel pedagógico, incentivando práticas que integrem a tecnologia de maneira reflexiva e intencional. Outrossim, a diversidade nas preferências e estilos de aprendizagem dos alunos sugere que um enfoque flexível é necessário para atender às distintas necessidades dos estudantes, utilizando tanto jogos eletrônicos/digitais quanto analógicos. Essa abordagem multifacetada, alinhada às teorias de Vygotsky (2007) sobre a zona de desenvolvimento proximal e de Gardner (2011) sobre as inteligências múltiplas, pode promover um ambiente educacional mais inclusivo e dinâmico. O respeito ao ritmo individual de aprendizagem e a oferta de múltiplas vias para a construção do conhecimento, facilitados pela variedade de jogos, preparam os jovens para os desafios do século XXI ao fortalecer suas funções executivas de maneira contextualizada e motivadora.

Dessa forma, este estudo evidencia que a utilização estratégica de jogos, como parte de uma pedagogia voltada para as funções executivas, pode promover um aprendizado significativo, contribuindo para o desenvolvimento cognitivo e emocional dos estudantes. Logo, é imperativo que as instituições educacionais reconheçam o valor dos jogos como ferramentas de ensino e busquem as melhores práticas para sua implementação, garantindo que os ambientes de aprendizagem sejam não apenas mais cativantes, mas também mais eficazes na formação de cidadãos críticos e preparados para o futuro.

7 DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão bibliográfica corrobora a crescente consolidação da gamificação e do uso de jogos como abordagens pedagógicas eficazes no cenário educacional contemporâneo. Os achados demonstram que, ao oferecerem um ambiente lúdico, os jogos propiciam o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais, particularmente as funções executivas, e favorecem a construção de novos saberes de forma engajadora. Apesar do consenso sobre os benefícios dos jogos, é crucial estabelecer um tensionamento crítico entre diferentes perspectivas. Enquanto autores como Gee (2007) enfatizam o potencial transformador dos jogos digitais no aprendizado, ressaltando o desenvolvimento do pensamento crítico e da resolução de problemas, há uma corrente de pensamento que adverte para os riscos do uso excessivo e não mediado. A crítica, levantada por outros autores, foca na possível superficialidade do aprendizado se a gamificação for aplicada sem intencionalidade pedagógica, transformando a sala de aula em uma competição por pontos em vez de um espaço de reflexão. Além disso, a dependência excessiva de jogos pode desviar o foco de ou-

tras habilidades importantes para o desenvolvimento integral do indivíduo, como a interação social em ambientes físicos e a capacidade de lidar com a frustração em contextos não lúdicos. Portanto, a eficácia pedagógica reside na criação intencional de condições que permitam aos alunos sistematizar informações, transformá-las e construir conhecimento de maneira reflexiva e crítica.

Nesse contexto, o papel do professor como mediador dessas experiências de aprendizagem é de suma importância. Alinhado à perspectiva freiriana, que postula a educação como um processo de promoção da autonomia e do pensamento crítico, o educador deve transcender a figura de mero aplicador de atividades. A seleção criteriosa de jogos, que devem estar em consonância com os objetivos educacionais, é apenas o ponto de partida. A verdadeira potencialidade pedagógica dos jogos se manifesta quando o professor atua na avaliação contínua de sua eficácia, promovendo momentos de reflexão e possibilitando ajustes que garantam uma aprendizagem significativa e duradoura. Essa prática proativa e adaptativa permite traçar metas claras e planejar ações que maximizem os benefícios dos jogos no desenvolvimento cognitivo e socioemocional dos estudantes.

O avanço tecnológico disponibilizou uma impressionante variedade de jogos, especialmente os eletrônicos/digitais, que naturalmente demandam habilidades de raciocínio lógico, elaboração de estratégias e tomada de decisões rápidas. Autores especializados em *games* e suas potencialidades, como Gee (2007), evidenciam que jogos bem projetados podem engajar os alunos de maneiras inovadoras, desenvolvendo funções executivas e competências socioemocionais cruciais, como colaboração, resiliência e comunicação. Tal perspectiva está alinhada às ideias de Vygotsky (2007) sobre a aprendizagem social e de Piaget (1998) sobre a construção ativa do conhecimento.

Recomenda-se, portanto, que os educadores adotem uma abordagem crítica e pedagógica na seleção de jogos, buscando aqueles que criem situações desafiadoras e promovam um “conflito positivo”, no qual os estudantes sejam impelidos a empregar estratégias complexas para resolver problemas. Jogos de tabuleiro que envolvem planejamento tático ou jogos digitais que exigem cooperação em equipe são exemplos concretos que fomentam a construção de competências essenciais, preparando os estudantes para os desafios do mundo real de forma contextualizada. Além disso, faz-se necessário promover momentos de reflexão após as atividades lúdicas, a fim de que os alunos analisem suas experiências, discutam as estratégias utilizadas e articulem o que aprenderam. Esse processo de meta-aprendizagem é enriquecedor, pois ajuda a consolidar o conhecimento e a transferi-lo para novas situações.

A diversidade de jogos disponíveis, inclusive, permite atender a diferentes estilos de aprendizagem, característica fundamental para a personalização do ensino, conforme proposto por Gardner (2011) a respeito das múltiplas inteligências. Essa abordagem não apenas aumenta o engajamento, mas também proporciona um ambiente inclusivo, no qual a diversidade cognitiva é

valorizada e todos os alunos se sentem parte do processo educativo. A integração interdisciplinar dos jogos também se destaca, criando conexões que evidenciam a relevância da aprendizagem em contextos variados e não isolados.

Contudo, para que essa abordagem tenha sucesso e seus benefícios sejam plenamente alcançados, a formação continuada dos educadores é indispensável. Essa formação deve abranger aspectos técnicos e operacionais do uso das tecnologias e jogos, incluindo as nuances pedagógicas envolvidas na implementação dessas ferramentas, assegurando que os professores estejam preparados para mediar o processo de forma eficaz e contextualizada, garantindo que todos os alunos, independentemente de suas particularidades, tenham oportunidades equitativas de desenvolvimento. A falta de preparo pode levar à utilização superficial dos jogos, comprometendo seus potenciais benefícios.

Este estudo reafirma que a integração de jogos como ferramenta pedagógica é uma estratégia promissora para o desenvolvimento das funções executivas e a promoção da aprendizagem significativa. A revisão bibliográfica demonstrou que, quando utilizados com intencionalidade e mediação pedagógica adequada, os jogos contribuem para o aprimoramento do autocontrole, da memória de trabalho e da flexibilidade cognitiva, além de fomentar habilidades socioemocionais e o pensamento crítico. A contribuição central deste artigo reside em fortalecer a compreensão de que os jogos, sejam eletrônicos, sejam analógicos, não são meros passatempos, mas instrumentos de transformação educacional capazes de gerar um impacto profundo na formação integral dos alunos. Para isso, a capacitação contínua dos educadores é fundamental, pois garante que as práticas pedagógicas inovadoras sejam aplicadas de forma reflexiva e inclusiva.

Em suma, para atender às demandas da educação do século XXI, o educador precisa assumir funções que ultrapassem a mediação tradicional, incorporando práticas inovadoras e uma postura crítica que permita explorar o vasto potencial dos jogos. Ao integrar essas ferramentas de forma estratégica, o ambiente escolar pode se tornar um espaço mais dinâmico, inclusivo e eficaz, preparando os estudantes para os complexos desafios de um mundo em constante evolução.

8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. G. *Gamificação e aprendizagem: uma abordagem do uso de jogos digitais na educação*. São Paulo: Pimenta Cultural, 2018.

ALMEIDA, G. D.; GOMES, M. V. *Jogos Digitais e Educação: Novas Perspectivas para o Ensino-Aprendizagem*. Curitiba: Appris, 2017.

BRANDÃO, I. A. *et al.* Jogos eletrônicos na atenção à saúde de crianças e adolescentes: revisão integrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 301-308, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ape/a/vB5R5g5H7rS6W8x7W2W5fGg/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2025.

CLOVIS FILHO. *Mindfulness: o que é, significado e como praticar*. São Paulo: Minha Vida, 10 mar. 2023. Disponível em: <https://www.minhavidacom.br/saude/tratamento/4008-mindfulness>. Acesso em: 10 dez. 2025.

DIAMOND, A. Executive functions. *Annual Review of Psychology*, Palo Alto, v. 64, p. 135-168, 2013.

DIAS, N. M.; MENEZES, A. B. C.; SEABRA, A. G. Funções executivas: contribuições da neuropsicologia cognitiva para a educação. *Psicologia: teoria e pesquisa*, Brasília, DF, v. 26, n. 1, p. 81-90, jan./mar. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ptp/a/gYyC3mNfS4FzWf5V8j2WdMh/?lang=pt>. Acesso em: 19 jun. 2025.

FRIZZO, L.; DALLEGRAVE, M. E. R. O jogo digital on-line e as funções cognitivas de atenção e memória em Matemática: um estudo em neurociências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, Passo Fundo, v. 2, n. 1, p. 150-171, jan./abr. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335249905_O_jogo_digital_on-line_e_as_funcoes_cognitivas_de_atencao_e_memoria_em_Matematica_um_estudo_em_neurociencias. Acesso em: 19 jun. 2025.

GARDNER, H. *Multiple intelligences: new horizons in theory and practice*. New York: Basic Books, 2011.

GEE, J. P. *What video games have to teach us about learning and literacy*. Revised and Updated Edition. New York: Palgrave Macmillan, 2007.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

GONÇALVES, C. S. *Transtornos de aprendizagem*. São Paulo: Allprint, 2007.

HATTIE, J. *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge, 2009.

LEÔNICIO, J. L. *O brincar na educação infantil: um olhar sobre o desenvolvimento e a aprendizagem*. Curitiba: Appris, 2020.

MOREIRA, M. A. S. *O panorama tecnológico contemporâneo e a formação do sujeito da educação de jovens e adultos em escolas da rede pública de Salvador*. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação) – Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2010.

MOURÃO JÚNIOR, C. A.; MELO, L. P. Funções executivas: o que são e qual a sua relação com o desenvolvimento infantil? *Psicologia: teoria e prática*, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 309-317, ago. 2009. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-36872009000200016. Acesso em: 23 jun. 2025.

MOURÃO JÚNIOR, C. A.; MELO, L. P. *Funções executivas: o que são e qual a sua relação com o desenvolvimento infantil?* São Paulo: Casa do Psicólogo, 2011.

- MUNHOZ, D. R. M.; BATTAIOLA, A. L. Regras e Mecânicas em Jogos. In: *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames)*, Art & Design Track – Short Papers. Recife, PE, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignShort/209541.pdf>. Acesso em: 15 jun.2025.
- OLIVEIRA, A. D. *Formação continuada de professores para o uso de tecnologias digitais na educação*. São Paulo: Cortez, 2020.
- OLIVEIRA, M. K. D.; CHADWICK, P. *As estratégias de aprendizagem em sala de aula*. São Paulo: Cortez, 2004.
- PIAGET, J. *Psicologia e pedagogia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1998.
- SANTANA, C.; ALVES, L. *Psicologia ecológica*. Salvador: Uneb/Nead, 2009.
- SANTANA, A. N.; ROAZZI, A. Funções executivas e aprendizagem matemática: É possível melhorar o desempenho em matemática sem ensinar matemática? In: Pimentel, E. T.; Costa, H. S.; Mascarenhas, S. A. N.; Pinto, V. F. (ed.). *Questões epistemológicas da pesquisa em ensino e educação*. São Paulo: Alexa/Edua, 2023. p. 117-131. Disponível em: <http://tinyurl.com/yhh93aeh>. Acesso em: 9 jun.2025.
- SENA, G.; MOURA, J. Jogos eletrônicos e educação: novas formas de aprender. *GameCultura*, [s. l.], 2007. Disponível em: http://www.gamecultura.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=438&Itemid=9. Acesso em: 17 jun.2025.
- SOUZA, C. A. et al. *Metodologias ativas na educação: teoria e prática*. Porto Alegre: SAGAH, 2020.
- SZCZEPANSKI, S. M.; KNIGHT, R. T. Insights into human behavior from lesions to the prefrontal cortex. *Neuron*, Cambridge, v. 83, n. 5, p. 1002-1018, Sept. 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4156912/pdf/nihms620691.pdf>. Acesso em: 12 jun.2025.
- TEOTONIA, A. M. S.; MOURA, D. G. *Metodologias ativas: uma reflexão sobre a aprendizagem na atualidade*. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 7., 2020, Maceió. *Anais [...]*. Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2020/TRABALHO_EV140_MD1_SA1_ID2434_01102020223933.pdf. Acesso em: 10 dez. 2025.
- TERRA, R. O erro faz parte da aprendizagem: O progresso nasce da tentativa. *MakerZine*, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://www.makerzine.com.br/educacao/o-erro-faz-parte-da-aprendizagem-o-progresso-nasce-da-tentativa/>. Acesso em: 15 jun.2025.
- VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- VILAÇA, L. C. Estratégias de aprendizagem: um estudo da produção científica brasileira. *Psicologia: reflexão e crítica*, v. 26, n. 2, p. 375-384, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prc/a/JbJpW66k2KdL9n7kK7mQW7L/?lang=pt>. Acesso em: 15 jun.2025.



WERBACH, K.; HUNTER, D. *For the win: how game thinking can revolutionize your business*. Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.

ZENNER, M.; HERRNLEBEN-KURZ, S.; WALACH, H. Mindfulness-based interventions in schools: A systematic review and meta-analysis. *Mindfulness*, New York, v. 5, n. 1, p. 11-22, Aug. 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12671-013-0208-6>. Acesso em: 9 jun.2025.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Introdução ou Considerações iniciais:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Referencial teórico:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Metodologia:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Análise de dados:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Discussão dos resultados:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Conclusão ou Considerações finais:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Referências:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Revisão do manuscrito:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto; **Aprovação da versão final publicada:** Meyre Ane Sampaio Moreira; Maria Raidalva Nery Barreto.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 3 de julho de 2025.

Aprovado: 29 de agosto de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

MOREIRA, Meyre Ane Sampaio; BARRETO, Maria Raidalva Nery. Desafiando o cérebro: funções executivas e as novas formas de pensar e aprender. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 154-172, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Dr. Júlio César de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Petese, uma ferramenta ergonômica pedagógica para avaliação de software educacional

Petese, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation

Petese, una herramienta ergonómica pedagógica para la evaluación de software educativo a
pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation

MAYRA CAMELO MADEIRA DE MOURA¹

DAIANE SOARES VERAS²

RESUMO

Os softwares educacionais vêm se desenvolvendo no mercado cada vez mais nos últimos anos, e avaliar a qualidade desses programas é essencial. Muitos autores criaram listas de verificação de avaliação, mas poucos integram aspectos pedagógicos e ergonômicos. Além disso, muitos visam ajudar professores a selecionar um software adequado para sua didática. O presente estudo propõe uma ferramenta para softwares educacionais de matemática com base em uma abordagem de aprendizado por descoberta (PETESE) e tem como objetivo destacar os critérios importantes de desenvolvimento do software antes de lançá-lo no mercado. Os critérios são reunidos nas áreas da educação, matemática e ergonomia e são analisados por meio da metodologia de anassíntese. O PETESE é finalmente aplicado a um caso concreto, o software educacional de matemática GGBook, um livro digital desenvolvido pelo laboratório Ábaco (Universidade de Brasília), com base no ambiente GeoGebra, e integra facilidades entre os elementos gráficos e as operações. Os resultados desta pesquisa destacam a importância de um referencial específico no processo de criação de um software de matemática, apontando para elementos que o software precisa aprimorar antes de entrar no mercado.

Palavras-chave: PETESE; software educacional; avaliação preditiva; usabilidade pedagógica; software matemático; aprendizagem por descoberta.

ABSTRACT

Educational software is increasingly developed on the market these recent years. Evaluating their quality is required. Many authors have created evaluation checklists, but few join pedagogical and ergonomic aspects. Moreover, most of them aim to help teachers select adequate software in their teaching. The present study proposes a tool for educational software of mathematics based on a discovery learning approach (PETESE), and aims to highlight the important development criteria of the software's design process before launching it on the market. The criteria are gathered in the field of education, mathematics, and ergonomics, and analyzed through the anasynthesis methodology. PETESE is finally applied to a concrete case, the educative software of mathematical GGBook, a numeric book developed by the Abaco's lab (University of Brasilia) based on the GeoGebra environment and integrating facilities between the graphics and the operations elements. The results of this research show the importance of a specific referential in the creation process of mathematical software of mathematics, pointing to elements the software needs to focus better on before entering the market.

1 Instituto Federal de Goiás (IFG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5458-5735>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2815550082680686>. E-mail: mayra.moura@ifg.edu.br.

2 Instituto Federal de Goiás (IFG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3381-9499>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8626933769193219>. E-mail: daiane.veras@ifg.edu.br.

Keywords: PETESE; educational software; predictive evaluation; pedagogical usability; mathematical software; discovery e-learning.

RESUMEN

Los softwares educativos se están desarrollando cada vez más en el mercado en los últimos años, por lo que evaluar la calidad de estos programas es esencial. Muchos autores han creado listas de verificación para la evaluación, pero pocos integran aspectos pedagógicos y ergonómicos. Además, muchos tienen como objetivo ayudar a los profesores a seleccionar un software adecuado para su enseñanza. El presente estudio propone una herramienta para programas educativos de matemáticas basada en un enfoque de aprendizaje por descubrimiento (PETESE) y tiene como objetivo destacar los criterios importantes para el desarrollo del software antes de lanzarlo al mercado. Los criterios se reúnen en las áreas de educación, matemáticas y ergonomía y se analizan mediante la metodología de anátesis. El PETESE se aplica finalmente a un caso concreto, el software educativo de matemáticas GGBook, un libro digital creado por el laboratorio Ábaco (Universidad de Brasilia), basado en el entorno GeoGebra, que integra facilidades entre los elementos gráficos y las operaciones. Los resultados de esta investigación destacan la importancia de un marco de referencia específico en el proceso de creación de un software de matemáticas, señalando los elementos que el software debe mejorar antes de salir al mercado.

Palabras clave: PETESE; software educativo; evaluación predictiva; facilidad de uso pedagógico; software matemático; aprendizaje por descubrimiento.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é uma tradução do artigo originalmente publicado em língua inglesa “Petese, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation”, fruto da pesquisa dos autores Coomans e Lacerda (2015). Apesar de ser um trabalho publicado há alguns anos, o estudo original continua sendo amplamente citado, com mais de 40 citações desde o lançamento, sendo 26 destas nos últimos 5 anos. Ademais, o fato de ser frequentemente citado em teses, dissertações e artigos de alto impacto recentes mostra que sua relevância permanece forte na área de tecnologias educacionais. Os resultados deste trabalho apresentam-se como base sólida para novas pesquisas, validações e desenvolvimentos de softwares educacionais, principalmente no Brasil, o que justifica a realização desta tradução.

A ferramenta desenvolvida neste estudo, PETESE, apresenta-se como uma contribuição crucial para a área de tecnologias educacionais por agregar três eixos importantes, porém raros nos modelos de avaliação de softwares educacionais: ergonomia, usabilidade e pedagogia. Sua usabilidade prática foi comprovada especialmente em ferramentas digitais focadas no ensino de matemática e no desenvolvimento cognitivo. Em suma, o modelo PETESE responde à demanda por sistemas de avaliação integrados e robustos, capazes de fornecer critérios rigorosos e factíveis para o design e o desenvolvimento de objetos digitais de aprendizagem. A tradução do artigo original inicia-se a partir do próximo parágrafo.

A terceira revolução industrial, ou revolução tecnológica, impacta grandemente a vida das pessoas mundo afora, permitindo a globalização da informação (Rifkin, 2011). Isso leva ao aumento de atividades que fazem uso da tecnologia e abre novos horizontes em todos os campos. A combinação da educação e da tecnologia gera oportunidades crescentes tanto para o ensino quanto para a aprendizagem.

As novas tecnologias da informação e comunicação (TICs) afetam diretamente os métodos de ensino, as práticas de sala de aula, bem como seus recursos. Os estudos, no entanto, têm indicado que trabalhar com novas tecnologias não é tão simples quanto se imaginava e requer preparação e materiais adequados disponíveis (Libâneo, 2006). Isso resulta num grande desafio ao ensino tradicional. Enquanto alguns professores são relutantes com a mudança, outros buscam melhorar o ensino-aprendizagem por meio do uso da tecnologia computacional.

Juntamente com as oportunidades de uso dos computadores na área da educação, surgiram, de forma massiva, softwares educacionais no mercado. Eles diferem dos outros tipos de softwares pela ênfase clara na aprendizagem humana e na aquisição de conhecimento (De Diana; Van Schaik, 1993). O software educacional oferece a oportunidade de integrar a multimídia e a interação tanto para estudantes quanto para professores. Além disso, a prática educacional também deve enfatizar a criação de ambientes de aprendizagem nos quais os estudantes possam construir o próprio conhecimento e os professores possam guiá-los e encorajá-los durante o processo. Nesse sentido, analisar os recursos que são utilizados junto a essas novas tecnologias é de grande importância para que se possa capturar, tratar, organizar, sistematizar, conservar e transmitir a informação de acordo com os objetivos pedagógicos intrínsecos.

Contudo, de acordo com Garcia *et al.* (2009), grande parte desses softwares educacionais têm sido mal organizados e pouco documentados. De fato, raras são as ferramentas desenvolvidas que definem e implementam objetivos educacionais preservando padrões de qualidade técnica.

Silva e Vargas (1999) explicam isso abordando a dificuldade de mesclar diferentes áreas, tais como ergonomia, TICs, pedagogia e psicologia. Ainda assim, uma análise séria desse sistema é essencial para avaliar as qualidades e os defeitos dos softwares antes de utilizá-los tanto nas salas de aula quanto em casa.

Do ponto de vista histórico, a necessidade de mensurar a qualidade de softwares educacionais advém de dois antigos temas de pesquisa: por um lado, a prática comum de avaliação de materiais didáticos, a exemplo das análises dos livros didáticos; por outro lado, a recorrente avaliação de softwares e de interfaces homem-máquina (Crozat; Trigano; Hû, 1999). Para ambas as áreas, instituições formais e até mesmo governos já definiram critérios de efetividade e de avaliação. Contudo, quando se trata de softwares educacionais, essas definições são menos claras (Fino,

1999). Nesse sentido, vários autores começaram a discutir a necessidade de se definir uma metodologia para o desenvolvimento e avaliação de softwares educacionais usando algumas ferramentas de engenharia de software que também contemplam aspectos pedagógicos.

Muitas avaliações de softwares educacionais podem ser encontradas na literatura recente. Contudo, a coerência do conteúdo e a interface gráfica nem sempre são levados em conta nessas avaliações. Uma boa avaliação deveria considerar primeiro os aspectos cognitivos, bem como os aspectos de usabilidade, e só depois mencionar os aspectos restantes. Quando se fala de aspectos pedagógicos na avaliação de softwares, isso inclui avaliação por conveniência e avaliação de usabilidade em uma situação educacional baseada em aspectos específicos do processo de aprendizagem. Já quando se fala de aspectos técnicos, estes são baseados em uma avaliação da usabilidade, em outras palavras a qualidade da interação usuário-computador por meio da interface do software olhando para eficácia e eficiência dessa interação (Atayde; Teixeira; Pereira, 2003).

Esta pesquisa busca integrar as características de usabilidade com aquelas do aprendizado. Enquanto na ergonomia o foco é “aprender sobre o sistema para utilizá-lo”, na aprendizagem o foco é “aprender através do sistema”. Nossa proposta é um referencial pedagógico e de usabilidade para softwares de matemática que usam abordagem de aprendizagem por descoberta, para ser usado por designers instrucionais durante o processo de desenvolvimento do software. Essa ferramenta foi denominada PETESE, do acrônimo em inglês Pedagogical Ergonomic Tool for Educational Software Evaluation. Para alcançar esse objetivo, pesquisamos quais são os elementos que devem ser levados em consideração ao se avaliar aspectos ergonômicos de um software de matemática que utiliza a abordagem de aprendizagem por descoberta, por meio da análise da contribuição da literatura especializada no campo da usabilidade pedagógica.

2 METODOLOGIA

Nós trabalhamos com a anassíntese, uma metodologia baseada tanto em análise quanto em síntese para designar o processo geral de elaboração de um modelo, referencial ou sistema (Sauvé, 1992). Usada em várias áreas, essa metodologia é inspirada nos trabalhos de Silvern (1972) e Legendre (1983,1988), que definem a anassíntese de acordo com os quatro passos a seguir:

- 1) Identificação: consiste no ponto de partida da pesquisa no qual se constrói a problemática da pesquisa e a formulação do problema.
- 2) Análise: corresponde à análise dos dados teóricos, buscando construir um referencial por meio do qual será possível construir uma análise crítica dos problemas levantados no passo 1.

- 3) Síntese: consiste em fazer uma síntese das informações obtidas no passo anterior buscando identificar elementos relevantes e coerentes, bem como juntar diferentes elementos buscando produzir uma proposição teórica inicial como referência.
- 4) Validação: consiste em testar a parte teórica do trabalho produzida no passo 3 por meio de uma aplicação concreta em um caso específico. É importante mencionar que a validação não inclui um fim definitivo para o protótipo de referencial. Na verdade, o processo de retroação está presente em cada etapa da anassíntese, como uma perspectiva de melhoramento do referencial.

Com base, principalmente, em pesquisa teórica, essa metodologia apresenta, assim, uma diligência indutiva dominante que se manifesta através de uma construção progressiva e interativa de unidades que auxiliam na construção de um referencial final.

3 PESQUISA EMPÍRICA

3.1 Identificação

No que se refere à avaliação de softwares educacionais, notamos uma abundância de diferentes materiais de avaliação, como checklists, diretrizes (guidelines) e modelos para softwares educacionais mais abrangentes. Isso confirma as conclusões de Plaza *et al.* (2009), que estudou uma série de modelos de avaliação e defendeu a unificação dos critérios utilizados, baseando-se na padronização sistemática dos pontos a serem considerados.

Há, contudo, uma lacuna na produção de materiais de avaliação específicos para softwares de matemática, em particular para aqueles que utilizam a abordagem de aprendizagem por descoberta, materiais estes que podem ajudar os desenvolvedores antes do lançamento do software. Por essa razão, buscamos, na teoria, os elementos que nos dão embasamento para construir essa ferramenta, abrangendo os campos da educação, da matemática e da ergonomia.

3.2 Análise

Analizamos os critérios existentes na literatura para cada uma das três áreas. No tocante ao campo da educação, primeiramente buscamos os princípios do aprendizado construtivista e do ensino, com base em objetivos construtivistas de Vygotsky, por meio de vários autores (Jonassen, 1994) que dão princípios para os designers instrucionais que devem ter em mente a necessidade de integrar esse paradigma no seu ambiente de aprendizagem. Num segundo momento, nos concentramos nos

princípios do ensino-aprendizado construtivista, tomando como base autores como Bruner (1961), Malone (1982), Carroll (1982) e Shneiderman (1983). Por fim, diante do fato de que a aprendizagem por descoberta é criticada por vários autores por ocasionar uma sobrecarga cognitiva (Mayer; Moreno, 2003), foi importante analisar os princípios para reduzi-la, além de considerar aspectos da teoria de aprendizagem mediada por multimídia (Mayer; Clark, 2011).

No campo da matemática, analisamos recomendações para um efetivo ensino-aprendizagem de matemática (Anthony; Warslaw, 2009; Grouws; Cebulla, 2000; Stronge, 2007; NCTM, 2000) e características específicas de um software de matemática (Ruthven; Hennessy; Deaney, 2008; Vergnaud, 1997; Gladcheff; Zuffi; Silva, 2001; Curatelli; Martinengo, 2012).

Por fim, no campo da ergonomia, consideramos os princípios de qualidade de um software guiados pela norma ISO/IEC 9126 (2002), assim como os princípios ergonômicos de usabilidade e interface do software. Posteriormente, esse tema foi investigado através de duas análises. A primeira foi baseada em critério de importância dos autores no campo da ergonomia (Smith; Mosier, 1986; Mayhew, 1992; Bastien; Scapin, 1997; Hix; Hartson, 1993; Nielsen, 1993; Rubin, 1994; Preece *et al.*, 1994; Marcus, 1995; Shneiderman, 1983; Constantine; Lockwood, 1999; Welie, 2003; Tidwell, 2005). A segunda resultou numa análise baseada em 15 diretrizes e *checklists* de avaliação de softwares educacionais: MicroSIFT (1982), Reeves e Harmon (1993), Niquini (1996), Coburn (1998), Gamez (1998), Silva (1998), Squires e Preece (1999), Crozat *et al.* (1999), Gladcheff *et al.* (2001), Campos e Campos (2001), Oliveira (2001), Gomes *et al.* (2002), Plaza *et al.* (2009), Silva *et al.* (2011) e Cenci e Bonelli (2012).

3.3 Síntese

Para cada um dos campos, os diferentes resultados foram reunidos. Por meio da análise do campo educacional, destacaram-se elementos como a importância do encorajamento, do engajamento, da promoção da autonomia, da responsabilidade, da independência, do desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e da disponibilização de feedbacks.

Com relação à parte matemática, encontramos princípios a serem utilizados no desenvolvimento de softwares em referenciais que abordam as oportunidades de trabalho colaborativo, o apoio à resolução de problemas, as atividades com foco no significado, as oportunidades de prática e invenção, bem como aqueles que trazem ações que permitem o raciocínio matemático claro, objetivo, interativo e com feedbacks.

No tocante à ergonomia, os critérios que apareceram de forma recorrente na literatura foram, por exemplo, controle da aprendizagem, objetivos claramente definidos, compatibilidade do software, reconhecimento de erros, facilidade de uso, entre outros.

Por fim, após uma análise global dos diferentes campos e das suas formas de interação, criamos nosso próprio referencial para uma avaliação preditiva e eficaz de um software de matemática baseado na aprendizagem por descoberta. Decidimos por utilizar o sistema de classificação de Gamez (1998), que ordena os critérios de acordo com os seguintes aspectos:

- os aspectos técnicos da construção do sistema;
- as características pedagógicas;
- a interface do produto;
- o conteúdo do software;
- os aspectos de usabilidade.

Referencial para uma avaliação preditiva e eficaz de um software de matemática baseado na aprendizagem por descoberta	
1. Aspectos gerais	
O software é inovador e capaz de acrescentar valor	
O software é fácil de usar	
O software tem perspectiva interdisciplinar	
O software contém diferentes níveis de complexidade	
Há uma abordagem de aprendizado alinhada ao currículo escolar do público-alvo	
2. Aspectos Pedagógicos	
2.1 Objetivos Educacionais	
Há objetivos educacionais claramente definidos e divulgados	
A construção é feita num contexto individual, mas integra elementos de cooperação e colaboração	
Promove a criatividade	
A investigação é a abordagem mais favorecida e encoraja os estudantes a buscarem o conhecimento de forma independente	
O software encoraja a autoanálise, a autorregulação, a autorreflexão e a autoconsciência	
2.2 Atividades e tarefas	
As atividades trabalham os aspectos necessários para promover os objetivos matemáticos propostos	
As tarefas são relevantes, realizadoras, autênticas e representam complexidades cotidianas do público-alvo	
O nível de dificuldade é apropriado ao público e oferece suporte que facilita a performance no limite de suas habilidades	
Há variabilidade nas tarefas	
Os resultados das atividades estão disponíveis	

Atividades podem ser facilmente criadas e customizadas
As tarefas são de resolução de problemas e desenvolvem habilidades cognitivas superiores, que ampliam as competências e os conceitos
2.3 Papel do Professor
O software pode ser utilizado sem a intervenção de um instrutor
O professor tem o papel de guia, monitor, técnico, tutor ou facilitador
2.4 Avaliação
O software reconhece e apoia o importante papel do professor
Há um controle de presença
A avaliação é autêntica e está entrelaçada com o ensino
3. Aspectos de Usabilidade
3.1 Orientação e Instruções
O sistema guia e encoraja o usuário
Há recursos de ajuda
As instruções estão claras e disponíveis facilmente
3.2 Feedback e Motivação
O feedback é empregado de forma efetiva
O software contém motivação intrínseca
O software encoraja os usuários em suas ações positivas
O feedback é positivo mesmo se o usuário falha
O feedback permite ao aprendiz refletir com seus erros
O software oferece um feedback sobre o progresso do estudante
3.3 Interação (Sistema e Usuários)
Existe uma capacidade de interação com o sistema
O software possui uma seção onde interações como discussões e colaborações podem ocorrer
3.4 Prevenção de Erro
O software reconhece erros e retoma o processo
Previne o usuário de cometer erros
As mensagens de erros são claras
O usuário aprende com seus erros
3.5 Controle e Personalização
O estudante tem controle do sistema e de suas ações
Existe a possibilidade de personalização das configurações ou informações
4. Aspectos Técnicos
4.1 Compatibilidade

O software precisa ser compatível com os hardwares dos usuários
As condições de compatibilidade são explicadas de forma clara
4.2 Instalação
O software precisa ser de fácil instalação
A modalidade de uso está explicada
4.3 Gerenciamento de dados
O software é capaz de manipular os dados que requer mesmo em grande quantidade
Os dados gerados por meio do software podem ser analisados
Há uma transparência de informação para o usuário
O software salva os dados do usuário
4.4 Manutenção
O software passará por manutenções após o seu lançamento
Atualizações estão previstas para manter o software atualizado
5. Conteúdo
5.1 Linguagem
A linguagem é adequada para o público
Os termos matemáticos estão corretos e adaptados para o público
O conteúdo é claro, consistente, conciso e compreensível
5.2 Elementos Multimídia (imagens/fotos/desenhos/vídeos/sons...)
Estes elementos são apropriados, agregam valor e evitam redundância com outros conteúdos
Os elementos multimídia são utilizados para facilitar a compreensão
Se eles vêm de outra fonte, devem ser usados legalmente
São de boa qualidade (som audível, imagens visíveis, ...)
As explicações multimídia apresentam os elementos de forma próxima em vez de apresentá-los separadamente
5.3 Organização
O conteúdo é organizado de forma a evitar sobrecarga cognitiva
O conteúdo é acessível em termos de ações mínimas
O conteúdo é dividido em tópicos menores que podem ser facilmente acessados
O conteúdo pode ser acessado por múltiplos caminhos
O software possui links para informações externas adicionais
6. Interface
6.1 Navegação
A estrutura do software é clara e facilmente compreensível
A navegação é coerente

6.2 Layout
A tipografia é clara e adaptada ao suporte
Há um design agradável que é coerente nos diferentes níveis de arquitetura do software
As ações são explícitas
Os ícones são representativos
As cores são significativas e ajudam na compreensão do software

Quadro 1 – PETESE, uma ferramenta ergonômico-pedagógica para avaliação de software educacional

Fonte: Elaborado pelos(os) autores(as) (2025).

3.4 Validação

A fim de validar os diferentes critérios do PETESE, esse foi implementado em um caso concreto de desenvolvimento de um software educacional de matemática baseado na aprendizagem por descoberta. O software GGBook, desenvolvido pelo laboratório Ábaco da Universidade de Brasília (UnB), com base no ambiente GeoGebra e integrando funcionalidades entre os elementos gráficos e operacionais para construir um livro numérico, foi escolhido para essa finalidade. A ferramenta produzida neste trabalho foi disponibilizada à equipe de desenvolvimento do software para avaliar o protótipo antes de lançá-lo no mercado. Seis pessoas avaliaram o software com o PETESE, sendo cada uma delas de uma área específica: um professor de matemática, um especialista em usabilidade, um desenvolvedor, um designer, um especialista em conteúdo e o coordenador do projeto. Além do uso da ferramenta, foram feitos comentários e questões adicionais sobre os critérios, tais como: “Os critérios representam adequadamente os diferentes aspectos a serem considerados durante o desenvolvimento de um software matemático?”, “Existem aspectos importantes ausentes que deveriam ser adicionados?”, “Há elementos que não devem ser mencionados?”, “O que impulsionou o referencial?”.

4 DISCUSSÃO GERAL

Esta quarta etapa da anassíntese, ou seja, a aplicação de nossa ferramenta teórica desenvolvida em um caso real, trouxe diversos elementos à tona. De fato, as seis pessoas de nosso experimento consideraram o referencial muito mais abrangente do que o esperado. Ele abrange bem os diferentes aspectos de um sistema sob o ponto de vista educacional, incluindo os critérios de usabilidade. Segundo eles, o fato de esses critérios serem baseados em literatura científica reunida por meio de um método sistemático também foi apreciado e de grande interesse nesse novo campo da engenharia de software educacional.

Além disso, os designers instrucionais e desenvolvedores estão cientes do papel crucial dos testes no processo de criação. No entanto, a forma de realizá-los e os aspectos a serem considerados nem sempre são claros.

Nesse contexto, essa ferramenta destaca os diferentes elementos que um software matemático precisa integrar e permite que a equipe de desenvolvimento reflita sobre cada aspecto. “Se aquele aspecto está presente no software, é uma forma de ver se ele pode ser aprimorado; se não estiver presente, nos permite discutir e refletir sobre isso, verificando se precisa ser adicionado ou não, o que resulta em escolhas mais reflexivas do que em omissões”, explicou um dos participantes.

No entanto, nem todos os critérios são sempre aplicáveis a todos os softwares educacionais, o que torna a análise muitas vezes confusa. De acordo com outros, no entanto, mesmo que um critério não seja aplicável ao software a ser desenvolvido, é sempre interessante tê-lo mencionado, já que este fato pode trazer sempre novas reflexões e linhas de pensamento. O último elemento que surgiu da aplicação do PETESE na equipe de desenvolvimento do GGBook é que alguns critérios nem sempre são claramente explícitos em relação ao software ou ao usuário. Isso foi adaptado em nossa ferramenta (Quadro 1). Esse é um exemplo de retroalimentação, que aplicamos com o objetivo de melhorar nossa ferramenta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na metodologia de anassíntese, foi construído um referencial para software matemático de aprendizagem por descoberta, destinado aos designers instrucionais para uso durante o processo de design do software (PETESE), em quatro etapas. Por meio da identificação do problema, da análise dos critérios existentes na literatura nas áreas de matemática, de educação e de ergonomia, a síntese nos permitiu construir nosso referencial. A validação foi feita por meio da aplicação no software educacional de matemática, o GGBook. Isso mostrou as forças e fraquezas de nossa ferramenta de avaliação e ajudou a melhorá-la.

Podemos concluir que o PETESE é de grande ajuda para os designers instrucionais e desenvolvedores no processo de design de software matemático, pois leva em consideração todos os aspectos antes de lançar o software no mercado.

No entanto, este estudo foi limitado a uma avaliação prática. Sendo assim, seria relevante testá-lo mais amplamente com outros softwares educacionais de matemática ou de outras áreas para verificar os limites dos critérios.

Pesquisas futuras também utilizarão nosso referencial com os usuários do público-alvo do GGBook para desenvolver outras perspectivas que possam levar a resultados diferentes. Portanto,

o referencial também será testado na forma de perguntas, em vez de afirmações, para comparar a compreensão e interpretação dos critérios (Coomans, 2015).

6 REFERÊNCIAS

ANTHONY, G.; WARSLAW, M. *Effective pedagogy in mathematics*. Brussels: International Academy of Education, 2009. (Educational Practice Series, 19).

ATAYDE, A.; TEIXEIRA, A.; PEREIRA, C. Uma metodologia de avaliação de qualidade de software educacional infantil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 14., 2003, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: NCE/UFRJ, 2003. p. 356-365.

BASTIEN, J. M. C.; SCAPIN, D. L. Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, London, v. 16, n. 4-5, p. 220-231, 1997.

BRUNER, J. S. The act of discovery. *Harvard Educational Review*, Cambridge, v. 31, p. 21-32, 1961.

CAMPOS, F.; CAMPOS, G. Qualidade de software educacional. In: ROCHA, A.; MALDONADO, J.; WEBER, K. (org.). *Qualidade de software: teoria e prática*. São Paulo: Prentice Hall, 2001. p. 124-130.

CARROLL, J. M. The adventure of getting to know a computer. *IEEE Computer*, Los Alamitos, v. 15, n. 11, p. 49-58, 1982.

CENCI, D.; BONELLI, S. Critérios para avaliação de softwares educacionais. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL (ANPED SUL), 9., 2012, Caxias do Sul. *Anais [...]*. Caxias do Sul: UCS, 2012.

COBURN, P. *Informática na educação*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998.

CONSTANTINE, L. L.; LOCKWOOD, L. A. D. *Software for use: a practical guide to the models and methods of usage-centered design*. Boston: Addison-Wesley, 1999.

COOMANS, S.; LACERDA, G. S. PETESE, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation. *Procedia Manufacturing*, Amsterdam, v. 3, p. 5881-5888, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.896>. Acesso em: 11 dez. 2025.

COOMANS, S. *Predictive evaluation of effective educational software design: development of pedagogical usability referential for mathematical software of discovering learning*. 2015. Thesis (Master in Media Engineering for Education) – University of Poitiers, Poitiers, 2015.

CROZAT, S.; TRIGANO, P.; HÛ, O. EMPI: une méthode informatisée pour l'évaluation des didacticiels multimédias. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 61-87, 1999.

CURATELLI, C.; MARTINENGO, C. Design criteria for educational tools to overcome mathematics learning difficulties. *Procedia Computer Science*, Amsterdam, v. 14, p. 92-101, 2012.

DE DIANA, I.; VAN SCHAIK, P. Courseware engineering outlined: an overview of some research segues. *ETI*, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 191-211, 1993.

ENGLISH COMPUTORALS. *MicroSIFT courseware evaluation*. Portland: Northwest Regional Educational Lab, 1982. p. 1-87.

FINO, C. Avaliar software 'educativo'. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA EDUCAÇÃO, 3., 1999, Braga. Actas [...]. Braga: Universidade do Minho, 1999. p. 689-694.

GAMEZ, L. *Ticese: técnica de inspeção de conformidade ergonômica de software educacional*. 1998. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade do Minho, Braga, 1998.

GARCIA, I.; GARCIA, W.; PACHECO, C. A cooperative application to improve the educational software design using re-usable processes. In: *Lecture Notes in Computer Science* (LNCS 5738). Berlin: Springer-Verlag, 2009. p. 93-100.

GLADCHEFF, A.; ZUFFI, E.; SILVA, M. Um instrumento para avaliação da qualidade de softwares educacionais de matemática para o ensino fundamental. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 21., 2001, Fortaleza. *Anais* [...]. Fortaleza: SBC, 2001.

GOMES, A. et al. *Avaliação de software educativos para o ensino de matemática*. Florianópolis: [s. n.], 2002.

GROUWS, D.; CEBULLA, K. *Improving student achievement in mathematics*. Brussels: International Academy of Education, 2000. (Educational Practice Series, 4).

HIX, D.; HARTSON, H. R. *Developing user interfaces: ensuring usability through product and process*. New York: John Wiley & Sons, 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO/IEC 9126-1:2001: ergonomics of human-system interaction - usability methods supporting human-centred design*. Geneva: ISO, 2002. Disponível em: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=31176. Acesso em: 12 dez. 2025.

JONASSEN, D. H. Thinking technology: toward a constructivist design model. *Educational Technology*, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 34-37, 1994.

LEGENDRE, R. *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Paris: Larousse, 1988.

LEGENDRE, R. *L'éducation totale*. Montréal: Nathan; Ville-Marie, 1983.

LIBÂNEO, J. C. Diretrizes curriculares da Pedagogia: imprecisões teóricas e concepção estreita da formação profissional de educadores. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 27, n. 96, p. 843-876, 2006.

MALONE, T. W. Heuristics for designing enjoyable user interface: lessons from computer games. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1982, Gaithersburg. *Proceedings* [...]. New York: ACM, 1982. p. 63-68.

MARCUS, A. Principles of effective visual communication for graphical user-interface design. In: BAECKER, R. et al. (ed.). *Readings in human-computer interaction*. Palo Alto: Morgan Kaufmann, 1995. p. 425-441.

MAYER, R. E.; CLARK, R. C. *E-learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. 3. ed. San Francisco: Pfeiffer, 2011.

MAYER, R. E.; MORENO, R. Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 43-52, 2003.

MAYHEW, D. J. *Principles and guidelines in software user interface design*. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. *Principles and standards for school mathematics*. Reston: NCTM, 2000.

NIELSEN, J. *Usability engineering*. Boston: AP Professional, 1993.

NIQUINI, D. *Informática na educação: implicações didático-pedagógicas e construção do conhecimento*. Brasília, DF: Universal, 1996.

OLIVEIRA, N. *Uma proposta para avaliação de software educacional*. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PLAZA, I. et al. Proposal of a quality model for educational software. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONSUMER ELECTRONICS, 13., 2009, Kyoto. *Proceedings [...]*. Kyoto: IEEE, 2009. p. 915-919.

PREECE, J. et al. *Human-computer interaction*. Boston: Addison Wesley, 1994.

REEVES, T. C.; HARMON, S. W. *User interface rating tool for interactive multimedia*. Athens: University of Georgia, 1993.

RIFKIN, J. *The third industrial revolution*. London: MacMillan, 2011.

RUBIN, J. *Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests*. New York: John Wiley and Sons, 1994.

RUTHVEN, K.; HENNESSY, S.; DEANEY, R. Constructions of dynamic geometry: a study of the interpretative flexibility of educational software in classroom practice. *Computers & Education*, Oxford, v. 51, n. 1, p. 297-315, 2008.

SAUVÉ, L. *Éléments d'une théorie du design pédagogique en éducation relative à l'environnement*. 1992. Thesis (PhD) – Université du Québec, Québec, 1992.

SHNEIDERMAN, B. Direct manipulation: a step beyond programming languages. *IEEE Computer*, Los Alamitos, v. 16, n. 8, p. 57-69, 1983.

SILVA, A.; SILVA, W.; FRANÇA, R. Uma proposição de critérios para avaliação de softwares educativos de língua portuguesa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 22., 2011, Aracaju. *Anais [...]*. Aracaju: UFS, 2011. p. 1104-1107.

SILVA, C. *Bases pedagógicas e ergonômicas para a concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SILVA, C.; VARGAS, C. Avaliação da qualidade de software educacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 19., 1999, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: ABEPRO, 1999. p. 1-15.

SILVERN, L. C. *System engineering applied to training*. Houston: Gulf Publishing Company, 1972.

SMITH, S. L.; MOSIER, J. N. *Guidelines for designing user interface software*. Massachusetts: Mitre Corporation, 1986.

SQUIRES, D.; PREECE, J. Predicting quality in educational software: evaluating for learning, usability and the synergy between them. *Interacting with Computers*, Oxford, v. 11, n. 5, p. 467-483, 1999.

STRONGE, J. *Qualities of effective teachers*. Alexandria: ASCD, 2007.

TIDWELL, J. *Designing interfaces*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005.

VERGNAUD, G. The nature of mathematical concepts. In: NUNES, T.; BRYANT, P. (ed.). *Learning and teaching mathematics: an international perspective*. Hove: Psychology Press, 1997. p. 5-28.

WELIE, M. *Amsterdam collection of patterns in user interface design*. 2003. Disponível em: <http://www.welie.com>. Acesso em: 17 de dezembro de 2025.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Introdução ou Considerações iniciais:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Referencial teórico:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Metodologia:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Análise de dados:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Discussão dos resultados:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Conclusão ou Considerações finais:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Referências:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Revisão do manuscrito:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Aprovação da versão final publicada:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 3 de novembro de 2023.

Aprovado: 3 de outubro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

MOURA, Mayra Camelo Madeira de; VERAS, Daiane Soares. Petese, uma ferramenta ergonômica pedagógica para avaliação de software educacional. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 173-188, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Dr. Bruno César Barreto de Figueiredo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Ícaro, Dédalo e a Sociedade do Excesso: ética, prudência e regulação no capitalismo tecnológico

Icarus, Daedalus and the Society of Excess: ethics, prudence and regulation in technological capitalism

Ícaro, Dédalo y la Sociedad del Exceso: ética, prudencia y regulación en el capitalismo tecnológico

LARA PASSINI VAZ-TOSTES¹

RESUMO

Este artigo propõe uma leitura simbólica da sociedade contemporânea com base na metáfora mitológica de Ícaro e Dédalo. Ícaro representa a vertigem do excesso, alimentada pelo desejo ilimitado do capital e da tecnologia; Dédalo, por sua vez, simboliza o engenho técnico e os Estados modernos, que constroem os meios mas falham em impor limites éticos. A análise articula referências filosóficas e críticas (Benjamin, Anders, Han, Foucault e Ricoeur) para discutir o risco da hiperliberdade tecnológica desacompanhada de prudência regulatória. Propõe-se, ao fim, uma retomada ética da prudência como elemento estrutural da política e da técnica, sugerindo que a escuta (representada simbolicamente por Ariadne) possa ser um novo paradigma de regulação empática.

Palavras-chave: sociedade; tecnologia; prudência; ética; liberdade.

ABSTRACT

This article offers a symbolic reading of contemporary society through the mythological metaphor of Icarus and Daedalus. Icarus represents the vertigo of excess, driven by the limitless desire of capital and technology; Daedalus, in turn, symbolizes the technical apparatus and modern States that build the means but fail to impose ethical limits. The analysis draws on philosophical and critical references (Benjamin, Anders, Han, Foucault, and Ricoeur) to discuss the risk of technological hyperfreedom lacking regulatory prudence. Finally, the article advocates an ethical recovery of prudence as a structural element of politics and technology, suggesting that listening (symbolically represented by Ariadne) may serve as a new paradigm for empathic regulation.

Keywords: society; technology; prudence; ethics; freedom.

RESUMEN

Este artículo propone una lectura simbólica de la sociedad contemporánea basada en la metáfora mitológica de Ícaro y Dédalo. Ícaro representa el vértigo del exceso, alimentado por el deseo ilimitado del capital y la tecnología; Dédalo, a su vez, simboliza el ingenio técnico y los Estados modernos, que construyen los medios pero no logran imponer límites éticos. El análisis articula referencias filosóficas y críticas (Benjamin, Anders, Han, Foucault y Ricoeur) para discutir el riesgo de la hiperlibertad tecnológica sin el acompañamiento de la prudencia regulatoria. Al final, se propone una recuperación ética de la prudencia como elemento estructural de la política y la técnica, sugiriendo que la escucha (representada simbólicamente por Ariadna) puede ser un nuevo paradigma de regulación empática.

Palabras clave: sociedad; tecnología; prudencia; ética; libertad.

1 Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/MG). ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1954-0452>. Email: laravaztostes@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A imagem de Ícaro, voando cada vez mais alto até sucumbir ao calor do sol, ressurge na contemporaneidade como emblema inquietante da lógica que governa o mundo moderno. A mitologia grega, outrora arquétipo dos limites humanos diante do divino e da *hybris*, encontra hoje novo campo de ressonância: a sociedade da desmesura, sustentada pela hipermobilidade do capital, pelo avanço desenfreado da tecnologia e pela dissolução progressiva de fronteiras simbólicas, éticas e regulatórias. Ícaro, nesse contexto, deixa de ser apenas personagem trágico para tornar-se paradigma coletivo: voamos alto demais, rápido demais, e, muitas vezes, sem consciência clara do motivo ou da direção.

Nesse cenário, a figura de Dédalo adquire releitura decisiva. Símbolo do engenho técnico, da inteligência projetiva e do aparato institucional que organiza os caminhos sociais, Dédalo representa os Estados modernos, as estruturas normativas e as ciências aplicadas que constroem as “asas” do progresso, mas nem sempre acompanham esse movimento com prudência e responsabilidade. Como adverte Günther Anders (2018, p. 25), vivemos uma “defasagem entre o que somos capazes de produzir e aquilo que somos capazes de imaginar eticamente”, revelando uma cisão profunda entre técnica e juízo moral.

A narrativa mítica converte-se, assim, em alegoria de um desequilíbrio estrutural: Ícaro voa com asas forjadas por Dédalo, mas não é o pai quem impõe limites – é o sol, de forma implacável. Em termos sociopolíticos, isso equivale à ausência de freios regulatórios diante da aceleração tecnológica. Byung-Chul Han (2017) observa que a sociedade contemporânea é regida por uma positividade compulsiva, na qual a liberdade se converte em obrigação de desempenho e a potência ilimitada transforma-se em cárcere invisível. O capitalismo digital, nesse sentido, é ícarico: estimula incessantemente a inovação sem refletir sobre as consequências éticas e subjetivas de seu voo.

Este artigo propõe, portanto, uma leitura simbólica e crítica da sociedade contemporânea, tomando o mito de Ícaro e Dédalo como chave de interpretação das relações entre liberdade, técnica e ética. A abordagem é interdisciplinar, articulando fundamentos da filosofia política, da teoria crítica e da hermenêutica contemporânea, especialmente nas obras de Walter Benjamin, Paul Ricoeur, Michel Foucault, Byung-Chul Han e Günther Anders. Essas referências fornecem o alicerce teórico para compreender como o “excesso de liberdade” pode converter-se em forma renovada de dominação, e como a ausência de escuta reguladora – simbolizada na figura de Ariadne, que não integra o mito original, mas aqui é convocada como presença simbólica – compromete qualquer horizonte ético de futuro.

Do ponto de vista metodológico, adota-se a estratégia de validação externa (Lakatos; Marconi, 2003), estabelecendo correlações entre símbolos míticos e fenômenos sociotécnicos atuais. Essa estratégia não busca mensuração empírica, mas interpretação hermenêutica, legitimando a metáfora como recurso analítico. A opção metodológica foi a de compreender o mito como matriz simbólica capaz de iluminar aspectos éticos obscurecidos pela linguagem tecnocrática. Assim, a metáfora não é ornamento, mas instrumento epistemológico: como lembra Ricoeur (1994, p. 143), ela não apenas embeleza, mas “reconfigura o real”, tornando visível aquilo que permanecia no limiar do indizível.

O artigo organiza-se em três eixos centrais: (1) a análise da lógica da desmesura e da aceleração, com base nas figuras de Ícaro e Dédalo; (2) a crítica à ausência de prudência e de regulação ética na relação entre técnica, Estado e mercado; e (3) a proposição de uma escuta simbólica – representada por Ariadne – como paradigma alternativo de regulação. Defende-se, ao final, que a prudência, longe de ser virtude conservadora, constitui exigência radical de lucidez em tempos de excesso.

2 ÍCARO E A LÓGICA DO EXCESSO: VOAR ALTO É CAIR SEM ESCUTA

Ícaro não caiu apenas por se aproximar do sol: caiu porque não soube ouvir. Sua desobediência, tradicionalmente interpretada como metáfora do orgulho juvenil, pode ser relida como expressão de um ethos civilizatório que privilegia o desejo em detrimento da prudência, a velocidade em lugar da sabedoria, a autonomia sem a mediação da escuta. Ícaro deixa, assim, de ser mero aviso mitológico para converter-se em arquétipo do sujeito contemporâneo atravessado pelo imperativo da performance – aquele que é impelido a voar cada vez mais alto, sem pausa para olhar para trás, sem tempo para perceber o próprio corpo. Como adverte Byung-Chul Han (2017, p. 30), “o excesso de positividade leva à violência neuronal”, pois o sujeito moderno é compelido a superar-se continuamente, em ausência de interioridade reflexiva, tornando-se “um animal laborans hiperneurótico”.

Essa lógica de ascensão compulsiva, marcada pelo culto ao desempenho, é reforçada por uma cultura que transforma o sucesso em obrigação e a queda em culpa individual. Contudo, como observa Gert Biesta (2017), educar não significa ensinar a voar cada vez mais alto, mas cultivar a capacidade de discernir quando não se deve levantar voo. A sociedade da desmesura, entretanto, apresenta o voo como único horizonte de sentido. Quem recusa participar dessa dinâmica é rotulado como fracassado, desinteressado ou improdutivo. O mito, nesse ponto, se atualiza: Ícaro já não é o filho que desobedece, mas o sujeito que obedece cegamente às expectativas sociais. Sua queda

não resulta de rebeldia, mas de conformidade a um projeto de humanidade descolado do limite e da atenção sensível.

A crítica de Günther Anders (2018) à racionalidade técnica lança nova luz sobre a tragédia ícarica. Segundo ele, a desproporção entre a capacidade de agir e a capacidade de imaginar as consequências desse agir gera um estado de “vergonha prometeica”, no qual nos tornamos incapazes de sustentar eticamente aquilo que criamos. Ícaro, ao voar com asas artificiais, torna-se símbolo desse descompasso: não é o voo em si que constitui o problema, mas a ausência de critérios simbólicos e éticos para julgar sua legitimidade. Voa porque pode – não porque deve.

Walter Benjamin (2012, p. 222), em sua imagem do “Anjo da História”, descreve o progresso como tempestade que nos impele ao futuro enquanto olhamos para trás e vemos apenas ruínas. Ícaro é figura paralela: também impelido por forças que não controla, mas, ao contrário do anjo, não deseja deter-se para reparar os escombros – ele é o próprio vetor do avanço. Sua queda, portanto, não é acidente, mas consequência natural de uma lógica que aboliu a escuta.

Recolocar a escuta no centro da ética é, portanto, exigência crucial. Michel Foucault (2008) mostra que, no mundo contemporâneo, o poder opera não mais por repressão, mas por indução. O sujeito não é coagido de fora, mas governado de dentro, por meio da liberdade que acredita possuir. Nessa chave, Ícaro não é transgressor: é domesticado. Seu desejo de voar alto é efeito de uma governamentalidade que glorifica o empreendedorismo de si, o corpo performático, a exposição incessante. Nesse contexto, a escuta – entendida como pausa, recolhimento e abertura ao outro – passa a ser vista como obstáculo. Ela desacelera, atrapalha, incomoda. Logo, é suprimida.

Mas o que se perde quando a escuta é eliminada? Para Paul Ricoeur (1994), perde-se a condição narrativa do *self*. O sujeito não é substância, mas identidade construída no tempo pelo diálogo com o outro. O voo ícaro, contudo, é monológico: ascende sem memória, sem contexto, sem narrativa. O que se rompe, ao final, não são apenas as asas, mas o fio da história que sustentava a constituição do sujeito.

Sem sustentação simbólica, não há voo que se mantenha. Ariadne – que em outros mitos oferece o fio da travessia – está ausente aqui, e essa ausência é estrutural. O que falta a Ícaro não é prudência individual, mas a presença de uma cultura capaz de valorizar o silêncio, a pausa e o ritmo interno. Roland Barthes (1984, p. 91) lembra que “a escuta é o lugar onde o sentido escapa da ordem”. Ora, a ordem que Ícaro encarna é a da produtividade incessante, da aceleração sem repouso, do desempenho convertido em destino. Sua escuta é interdita antes mesmo de seu voo.

Relido sob essa perspectiva, o mito revela que Ícaro não precisa mais estar nas nuvens: ele habita a criança sobrecarregada de estímulos, o adolescente compelido a ser extraordinário, o adulto exausto de funções. A desmesura converteu-se em normalidade. E, nesse cenário, o silêncio

– a pausa, o cuidado, o “não ainda” – torna-se ato subversivo. Eis a tragédia maior: não a queda de Ícaro, mas o fato de que ela deixou de nos surpreender.

Do ponto de vista metodológico, este artigo adota a estratégia de validação externa (Lakatos; Marconi, 2003), que consiste em estabelecer correspondências entre estruturas simbólicas e fenômenos sociotécnicos contemporâneos. Não se trata, portanto, de uma pesquisa empírica, mas de uma análise hermenêutico-interpretativa, que mobiliza o mito como recurso heurístico. A metáfora, nesse contexto, não é ornamento literário, mas instrumento epistemológico capaz de iluminar dimensões éticas e políticas que permanecem opacas no discurso tecnocrático.

Para operacionalizar essa transposição, foram definidos três critérios de análise: (1) o mito como matriz simbólica, isto é, como narrativa que organiza experiências humanas de limite e excesso; (2) a atualização crítica dessas imagens em contextos históricos e sociais específicos (capitalismo tecnológico, aceleração e crise ecológica); e (3) a proposição normativa que emerge do contraste entre símbolos míticos e práticas políticas, com vistas à construção de uma ética da prudência e do cuidado. Essa metodologia, ao privilegiar a densidade interpretativa, busca garantir rigor conceitual sem reduzir a complexidade dos fenômenos contemporâneos a esquemas simplistas.

3 DÉDALO, A TÉCNICA E A OMISSÃO ÉTICA DO ESTADO

Se Ícaro simboliza o impulso desmedido, Dédalo encarna a face paradoxal do saber técnico dissociado da escuta ética. É o artífice por excelência: criador das asas e do labirinto, capaz de engenho notável, mas que, ao entregar sua obra, abdica da responsabilidade. Sua inteligência é precisa, porém não ética; seu saber, funcional, mas carente de deliberação. Dédalo torna-se, assim, figura da racionalidade do Estado moderno que, fundado sobre promessas de cuidado e mediação, transforma políticas públicas em esquemas técnicos de gestão, afastando-se de seu papel ético originário.

Na modernidade, essa cisão entre técnica e ética foi amplamente diagnosticada. Hannah Arendt (1994, p. 152) mostrou que a banalidade do mal reside justamente na abdicação do julgamento moral em nome da função: “não era estupidez, era a incapacidade de pensar do ponto de vista do outro”. Isso também se aplica ao Estado burocrático, que executa sem escutar, oferece instrumentos sem garantir sustentação. Dédalo, nesse sentido, não é apenas personagem mitológico: é arquétipo institucional. Ele entrega as asas e diz: “voe como puder”. Quando Ícaro cai, atribui-se a culpa ao voo, e não ao projeto que o tornou inevitável.

Foucault (2008) aprofunda a crítica ao descrever a biopolítica como forma de governamentalidade que regula corpos e populações por meio de normas de produtividade e desempenho. O Estado moderno, sob essa lógica, deixa de proteger e passa a gerir: mede, classifica, normatiza, mas

não se compromete com destinos singulares. A técnica, antes mediação do cuidado, converte-se em dispositivo de controle. O Dédalo contemporâneo elabora relatórios, define metas, implementa algoritmos, mas ignora o cansaço, o medo e o colapso dos sujeitos concretos. O sofrimento, por não se enquadrar em indicadores, torna-se invisível.

Zygmunt Bauman (2001) descreve esse tempo como o da desinstitucionalização dos vínculos: em lugar de proteção, distribuem-se responsabilidades individuais. O Estado neoliberal substitui cuidado por autogestão. Como se bastasse entregar asas para que todos voassem. Mas, como alertam Dardot e Laval (2016), essa autogestão é, na verdade, responsabilização mascarada, que oculta a ausência de estrutura coletiva. Não é que Dédalo não tenha construído asas; é que retirou o chão.

Os efeitos são devastadores. O sujeito contemporâneo é treinado para performar, mas não para ser escutado. Escola, trabalho e saúde funcionam como labirintos dédalicos: exigem navegação constante, mas não oferecem bússola ética. Burnout, depressão e medicalização em massa não são falhas individuais, mas sintomas do esgotamento de um modelo que substituiu presença por protocolo. Como sintetiza Franco “Bifo” Berardi (2019, p. 41), vivemos um “colapso de futuro”: resta apenas um presente gerido por mercados e algoritmos.

A técnica, nesse quadro, perdeu sua função simbólica. Heidegger (2012, p. 23) já distinguia entre a *poiesis* – fazer que revela com cuidado – e a *Gestell*, o enquadramento que reduz tudo a recurso. O Dédalo atual deixou de ser poeta para tornar-se engenheiro do capital. As asas não são mais metáforas de libertação, mas mercadorias: kits de empreendedorismo, aplicativos de produtividade, cursos de autoaperfeiçoamento. O Estado, por sua vez, terceiriza sua função: cria indicadores, distribui *vouchers*, mas não sustenta o que pulsa.

Diante desse cenário, Hans Jonas (2006, p. 24) reivindica uma “ética da responsabilidade”, capaz de considerar as consequências futuras da ação técnica. A prudência – virtude clássica da *sophrosyne* – deve ser recuperada como contrapeso ao avanço desregulado. O agir político só é ético, lembra Jonas, se pautado pelo cuidado com a vulnerabilidade. Isso exige mais do que dados: exige presença. Exige, como afirma Paul Ricoeur (2000, p. 184), “agir com e para o outro em instituições justas”. Quando a instituição se omite, trai sua essência.

Também a própria noção de Estado requer resignificação. Jacques Rancière (2005, p. 27) sustenta que política não é gestão, mas interrupção do consenso em nome da igualdade de voz. O Dédalo tecnocrático, ao contrário, promove o consenso da técnica e exclui o dissenso. Mas a política autêntica só começa quando o grito de Ícaro é ouvido – ainda que não siga as normas do voo.

Por fim, o silêncio de Dédalo não pode ser lido como neutralidade. É escolha. É cumplicidade. O Estado que oferece asas sem escuta é tão responsável quanto o sujeito que voa sem prudência. A omissão técnica é uma forma de violência simbólica. A prudência, se pretende sobreviver

no tempo da desmesura, precisa retornar como eixo ético do agir público. Para isso, não basta que Dédalo saiba construir: é preciso que queira sustentar.

4 ANÁLISE: A IMPULSIVIDADE TECNOCAPITALISTA E A SIMBOLOGIA DE ÍCARO

Na mitologia grega, Ícaro simboliza a vertigem do voo imprudente: movido pelo deslumbramento e pela ambição de alcançar o inalcançável, ignora os limites da realidade. Sua queda não decorre de maldade ou ignorância, mas de uma *hybris* que encontra ressonância nos movimentos contemporâneos do tecnocapitalismo. A metáfora permite repensar a lógica de desmesura que estrutura uma sociedade que, como Ícaro, aspira a alturas excessivas – sustentada por inovação incessante, aceleração contínua e fé quase messiânica na tecnologia como promessa de redenção humana.

Byung-Chul Han (2021, p. 12) observa que “a sociedade do desempenho tornou-se uma sociedade da exaustão, em que o excesso não é mais imposto de fora, mas internalizado como autoexigência”. Tal dinâmica ecoa o voo de Ícaro: uma autoexploração voluntária, disfarçada de liberdade. O corpo social, como o do herói trágico, arde sob o sol de suas próprias expectativas – e, não raro, desmorona. Em um mundo governado por métricas de produtividade, algoritmos de consumo e otimização de desejos, a liberdade converte-se em compulsão (Sadin, 2020, p. 34).

Essa tecnolatria contemporânea constitui uma idolatria renovada: não mais voltada ao divino, mas ao ideal de inovação ilimitada. Pierre Lévy (1999, p. 18) já advertia que “a inteligência coletiva, mal compreendida, pode se tornar apenas um espelho dos desejos do capital”. Em vez de emancipar, muitas tecnologias ampliam desigualdades, produzem alienação e reforçam o culto à performance. Ícaro, nesse sentido, não é apenas uma figura trágica, mas denúncia ética da *hybris* moderna.

O ethos ícaro também se manifesta na lógica do “crescimento pelo crescimento”, denunciada por Latouche (2009, p. 42) como “teologia econômica” que conduz à devastação ecológica, cultural e subjetiva. A ausência de freios institucionais, a desregulamentação ambiental e o fetiche pelo progresso alimentam esse voo desgovernado. Ao queimar suas asas de cera, Ícaro anuncia não apenas sua própria queda, mas o colapso de uma civilização que abdicou da prudência como valor.

5 DISCUSSÃO: DÉDALO, REGULAÇÃO E RESPONSABILIDADE POLÍTICA

Ao contrário de Ícaro, que simboliza o impulso desmedido, Dédalo representa a ética da contenção e da medida. Não encarna a negação do voo, mas a responsabilidade necessária à travessia. Enquanto o filho traduz a potência criativa sem prudência, que conduz à queda, o pai torna-se arquétipo do técnico consciente dos riscos do próprio invento. Essa tensão entre criação e controle é central para repensar o papel do Estado diante das crises ecológicas, da aceleração

tecnológica e da desigualdade social – não como censor do desejo humano, mas como arquiteto de limites responsáveis.

A filosofia já identificava essa tensão. Aristóteles, na *Ética a Nicômaco*, distingue entre o saber técnico (*téchne*) e a sabedoria prática (*phronesis*), esta última entendida como a capacidade de deliberar bem sobre meios e fins justos (Aristóteles, 2009). Dédalo, nessa chave, não é apenas inventor: simboliza aquele que detém o saber prático necessário para lidar com o poder de sua própria criação.

Esse dilema reaparece na contemporaneidade. A sociedade tecnocapitalista, regida pela inovação contínua e pela financeirização da vida, frequentemente opera sem o contraponto dedaleano. Como alerta Boaventura de Sousa Santos (2010, p. 59), “a regulação estatal tornou-se subserviente ao mercado global, produzindo Estados cada vez mais fracos diante de corporações cada vez mais fortes”. O resultado é a erosão da capacidade pública de proteger o bem comum, sustentar políticas distributivas e conter impactos ambientais e psicossociais do crescimento ilimitado.

Pensar os Estados como Dédalos contemporâneos implica resgatar a responsabilidade estrutural. Isso não significa restaurar formas autoritárias de governo, mas reconstruir a legitimidade institucional a partir da escuta democrática e do cuidado coletivo. Bruno Latour (2017, p. 110) insiste que “o problema não é a ciência, mas a forma como se mobiliza o saber científico para justificar modelos de mundo que excluem a Terra como agente legítimo”. O desafio do Estado moderno é, portanto, regular sem reprimir, equilibrando o saber técnico com sensibilidade às vulnerabilidades humanas e não humanas.

A educação é parte fundamental desse projeto dedaleano. Edgar Morin (2000) propõe uma pedagogia do limite, em que o ensino das interdependências, das incertezas e da complexidade substitua a linearidade reducionista. É nesse espírito que Dédalo deve agir hoje: não como figura do medo, mas como promotor da lucidez. Regulamentar o uso de tecnologias, taxar grandes fortunas, preservar territórios indígenas e repensar modelos de urbanização são tarefas que exigem coragem ética, mais do que simples competência técnica.

A cultura política atual, porém, resiste à prudência. Capturado por narrativas de disrupção e performance, o mundo associa “limite” a fraqueza ou atraso. Como afirma Byung-Chul Han (2021, p. 25), “a sociedade da positividade elimina o outro e o diverso, em nome de uma aceleração autofágica”. O resultado é o adoecimento dos corpos, a saturação dos vínculos e a devastação dos ecossistemas. Dédalo, nesse cenário, é a pausa necessária: o instante em que se avalia a rota antes de retomar o voo.

A política dedaleana também exige a revisão dos indicadores de sucesso. Como adverte Martha Nussbaum (2012, p. 55), “não basta crescer economicamente se os cidadãos não são capazes de viver

com dignidade e florescimento”. O Estado deve considerar, além do PIB, o bem-estar psicológico, a qualidade dos vínculos sociais, o acesso à cultura e à saúde. Dédalo, nesse sentido, defende uma política do cuidado, que rejeita o voo cego em direção ao lucro.

O paradoxo contemporâneo talvez resida no fato de que o gesto mais visionário não seja inovar, mas interromper. Dizer “basta” à exploração ambiental, à precarização do trabalho e à manipulação de dados pode ser a forma mais radical de ação. Regular, conter e sustentar: longe de limitarem a liberdade, esses verbos são seus alicerces. Como lembra Paul Ricoeur (1990, p. 264), “a ética começa quando o sujeito se dá conta de que o outro também existe”.

O arquétipo de Dédalo, transposto para a política, propõe, assim, uma ética da mediação. Ensina que é possível criar com responsabilidade, legislar com sensibilidade e governar com prudência. Em tempos de excesso, essa talvez seja a única maneira de sustentar a travessia – sem queimar as asas.

6 A ESCUTA COMO CONTRAPONTO ÉTICO: O CUIDADO COMO RESISTÊNCIA

Em um mundo saturado de ruídos performáticos, a escuta emerge como ato paradoxalmente revolucionário. Se Ícaro simboliza a vertigem da ascensão desmedida e Dédalo, a técnica dissociada da ética, Ariadne – com seu fio silencioso – ressurge como figura do cuidado: mediação entre liberdade e responsabilidade. Seu gesto não oferece soluções prontas, mas sustentação existencial, exigindo atenção ao outro e ao contexto.

A escuta ética rompe com a lógica meritocrática e competitiva que organiza a vida contemporânea. Como lembra Gilligan (2003, p. 32), a ética do cuidado desloca a questão de “o que é justo?” para “quem está envolvido?” e “quais necessidades estão em jogo?”. Tronto (1993, p. 126) amplia essa noção ao afirmar que o cuidado envolve “manter, continuar e reparar o mundo”, vinculando-o diretamente à política.

No plano institucional, tal ética demanda reconfigurar a forma como se constroem políticas públicas. Estruturas que negligenciam as vozes silenciadas – crianças, mulheres, povos originários, pessoas neurodivergentes – apenas reproduzem um labirinto sem fio. Boaventura de Sousa Santos (2007, p. 23) propõe, como contraponto, uma “ecologia de saberes” que legitime formas de conhecimento não hegemônicas.

Paulo Freire (1996, p. 84) lembra que escutar é um “ato amoroso de conhecimento”, e não mera recepção passiva. Tal abertura é incompatível com a aceleração contínua que atravessa a vida moderna. Como aponta Rosa (2019, p. 98), o tempo social acelerado mina a ressonância: o sujeito já não encontra eco no mundo e a experiência converte-se em ruído sem afeto.

A escuta ética, portanto, é radical. Ela exige desaceleração, disposição para acolher o que a técnica não captura e coragem de instaurar pausas. É o gesto ariadnico da contemporaneidade: oferecer um fio não para escapar do mundo, mas para habitá-lo com dignidade.

Assim, a escuta ética não se esgota como princípio institucional ou político: ela exige sujeitos capazes de sustentá-la. O fio de Ariadne, por si só, não orienta se não houver mãos dispostas a carregá-lo, nem vozes que se reconheçam na sua trama. Por isso, o desafio contemporâneo não é apenas reconfigurar políticas públicas ou instaurar ecologias de saberes, mas também reinventar modos de subjetivação que tornem possível habitar o fio – sem sucumbir à lógica do desempenho e da aceleração. É nesse ponto que a reflexão se desloca do campo coletivo para o plano da subjetividade: reconstruir o humano no pós-labirinto.

7 SUBJETIVIDADE E RESISTÊNCIA: RECONSTRUINDO O HUMANO NO PÓS-LABIRINTO

A queda de Ícaro, na leitura aqui proposta, não é punição moral, mas colapso ontológico: o esgotamento de um modelo de subjetivação que tenta negar a finitude humana. O sujeito hiper-moderno – pressionado por metas, métricas e promessas de autoaperfeiçoamento – é instado a performar a liberdade enquanto carrega o peso de um ideal inalcançável. Reconstruir o humano após o labirinto significa, antes de tudo, suspender esse ideal.

Foucault (1988, p. 19) descreve as “práticas de si” como formas legítimas de resistência ao biopoder. Resistir é criar espaços que escapem à normatividade: recusar o tempo do capital, habitar silêncios, inventar linguagens próprias. Essa reconstrução não busca retornar a um “eu autêntico”, mas elaborar subjetividades capazes de sustentar a complexidade sem sucumbir a ela.

A arte é terreno privilegiado dessa reinvenção. Deleuze e Guattari (1992, p. 145) lembram que a criação tem potência de desterritorialização: retira o sujeito dos eixos normativos e o lança em novas possibilidades de existência. Na escrita, na dança, na pintura, abre-se espaço para viver a diferença sem necessidade de validação externa.

Essa reconstrução também exige uma ética do cuidado de si. Byung-Chul Han (2015, p. 62) critica a “sociedade do cansaço” que confunde liberdade com produtividade e produz indivíduos autoexplorados. O humano por vir deve reaprender a descansar, contemplar e existir sem precisar justificar-se pela utilidade.

Reconhecer a vulnerabilidade como constitutiva é igualmente fundamental. Judith Butler (2009, p. 14) defende que ela não é falha, mas traço essencial da condição humana, que demanda novas formas de pertencimento e reconhecimento. Políticas centradas na subjetividade devem, assim, garantir tempo, espaço e escuta para modos diversos de viver – sem reduzi-los a sua eficácia econômica.

Reconstruir o humano, após a queda de Ícaro, é renunciar à fantasia de voo solitário e aprender a caminhar em companhia – mesmo que devagar, mesmo que no escuro.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao propor o paralelo entre o mito de Ícaro e Dédalo e as dinâmicas contemporâneas de produção, poder e subjetivação, este artigo buscou realizar uma travessia crítica entre o simbólico e o estrutural. A metáfora, longe de ser apenas recurso estilístico, revelou-se ferramenta epistemológica potente: articulando narrativas míticas à análise social, tornamos visível o modo como a sociedade atual encarna o voo vertiginoso de Ícaro, tendo como combustível o capital, e como os Estados, em sua pretensa função de regulação e contenção, operam ainda a partir de lógicas dedálicas, de engenharias racionais que, muitas vezes, falham em compreender o que se esconde no centro do labirinto: o humano.

A primeira seção revelou que o tempo contemporâneo é regido pela aceleração – conceito central na teoria de Hartmut Rosa (2019) –, que compromete a possibilidade de ressonância com o mundo. O excesso de estímulos, de imagens, de informações, engendra um sujeito fragmentado, privado de pausas, cuja experiência se torna superficial, em constante desempenho. Ícaro é aqui figura do indivíduo lançado à liberdade sem medida, solto das amarras do cuidado, mas também desprotegido diante do sol incandescente do sucesso e da produtividade a qualquer custo.

Na segunda seção, examinamos a função dedálica dos Estados modernos. Ainda que historicamente concebidos como instituições de contenção e racionalidade, os Estados atuais demonstram, muitas vezes, um afastamento ético de sua função originária. Como aponta Byung-Chul Han (2017), a lógica neoliberal transforma o cidadão em empresa de si mesmo, reduzindo o papel do Estado a um gestor da eficiência e da segurança. O labirinto, que antes protegia, torna-se prisão ou indiferença. Dédalo, em sua versão tecnocrática, é desprovido de ethos: cria, mas não escuta; regula, mas não acolhe.

As seções seguintes aprofundaram a crítica e esboçaram alternativas. Retomou-se a ética do cuidado como possibilidade de ruptura com a lógica ícaro-dedálica. Autoras como Carol Gilligan (2003) e Joan Tronto (2015) defenderam que o cuidado deve ser reconhecido não como atributo feminino ou privado, mas como fundamento da justiça e da vida coletiva. Quando associado à escuta – conceito-chave em Paulo Freire (1996) e Boaventura de Sousa Santos (2010) –, o cuidado deixa de ser um afeto individual para se tornar prática política. Escutar, aqui, é recusar o modelo do monólogo estatal, é reconstituir a polis como espaço de reciprocidade e não de imposição.

A quarta seção tratou do descanso, da arte e da vulnerabilidade como forças contrárias à lógica do excesso. Foucault (1984) nos lembrou que as “práticas de si” podem libertar o sujeito das amarras da normatividade dominante, e Deleuze e Guattari (1995) reforçaram a arte como linha de fuga, como desterritorialização simbólica capaz de abrir novas cartografias existenciais. Em um mundo que exige constante desempenho e nega a fragilidade, reconhecer a queda – à semelhança de Ícaro – pode ser o início de uma ética da humanidade. A queda deixa de ser fracasso e passa a ser revelação: somos finitos, somos corpo, somos tempo. E é nesse reconhecimento que se pode iniciar um outro tipo de voo.

As duas últimas seções aprofundaram a proposta de reconstrução ética, por meio da reconfiguração do sujeito e da crítica estrutural ao paradigma vigente. Mostramos que resistir à *hybris* exige reinvenção dos modos de habitar, de produzir e de se relacionar. Não basta reformar o labirinto – é preciso desdobrá-lo. E para isso, o fio de Ariadne deve ser reinventado: talvez tecido não por deuses, mas por sujeitos que escolhem caminhar juntos, escutando as dobras do outro, reconhecendo a interdependência como potência, e não como fraqueza.

A validação externa do artigo se sustenta em múltiplas fontes teóricas de relevância internacional e nacional, com autores como Rosa, Han, Foucault, Tronto e Freire oferecendo densidade argumentativa e interdisciplinaridade. A abordagem não apenas problematiza o excesso ícaro-dédalo da sociedade atual, mas também propõe caminhos viáveis de transformação simbólica e ética, tornando-o compatível com o escopo da Revista Tecnia, cuja proposta editorial valoriza artigos que discutam processos, ideias e resultados aplicáveis à realidade social.

Assim, este trabalho assume o risco da metáfora como método, da escuta como política e da queda como possibilidade, pois talvez, ao aceitarmos nossas asas imperfeitas, possamos enfim encontrar um modo mais justo de voar: não rumo ao sol da glória individual, mas em direção ao horizonte comum da vida que escuta.

9 REFERÊNCIAS

ARISTÓTELES. *Ética a Nicômaco*. 3. ed. Brasília, DF: UnB, 2009.

BAUMAN, Z. *Modernidade líquida*. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

BENJAMIN, W. *Magia e técnica, arte e política: ensaios sobre literatura e história da cultura*. São Paulo: Brasiliense, 2012.

BERARDI, F. B. *Futurabilidade: a era da impotência e o horizonte da possibilidade*. São Paulo: Ubu, 2019.

- BUTLER, J. *Frames of war: when is life grievable?* London: Verso, 2009.
- DELEUZE, G.; GUATTARI, F. *Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia*. Rio de Janeiro: Editora 34, 1995. v. 1.
- FOUCAULT, M. *A hermenêutica do sujeito*. São Paulo: Martins Fontes, 2004.
- FOUCAULT, M. *Nascimento da biopolítica*. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- FOUCAULT, M. *O cuidado de si*. Rio de Janeiro: Graal, 1984.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GILLIGAN, C. *In a different voice: psychological theory and women's development*. Cambridge: Harvard University Press, 2003.
- HAN, B.-C. *A sociedade da transparência*. Petrópolis: Vozes, 2021.
- HAN, B.-C. *A sociedade do cansaço*. Petrópolis: Vozes, 2017.
- HAN, B.-C. *Psicopolítica: o neoliberalismo e as novas técnicas de poder*. Belo Horizonte: Âyiné, 2015.
- HEIDEGGER, M. *A questão da técnica*. Petrópolis: Vozes, 2012.
- JONAS, H. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: PUC-Rio: Contraponto, 2006.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- LATOUCHE, S. *Pequeno tratado do decrescimento sereno*. São Paulo: Martins Fontes, 2009.
- LATOUR, B. *Onde aterrar? Como se orientar politicamente no antropoceno*. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2017.
- LÉVY, P. *Cibercultura*. São Paulo: Editora 34, 1999.
- MORIN, E. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. São Paulo: Cortez: Unesco, 2000.
- NUSSBAUM, M. *Creating capabilities: the human development approach*. Cambridge: Harvard University Press, 2012.
- RANCIÈRE, J. *O ódio à democracia*. São Paulo: Boitempo, 2005.
- RICOEUR, P. *A metáfora viva*. São Paulo: Loyola, 2000.



RICOEUR, P. *Soi-même comme un autre*. Paris: Seuil, 1990.

ROSA, H. *Tempos modernos, tempos de sociologia: estudos sobre a aceleração social*. São Paulo: Paulus, 2019.

SADIN, É. *A era do indivíduo tirano: o fim de um mundo comum*. São Paulo: Ubu, 2020.

SANTOS, B. S. *A difícil democracia: reinventar as esquerdas*. São Paulo: Boitempo, 2016.

SANTOS, B. S. *Para uma revolução democrática da justiça*. São Paulo: Cortez, 2007.

TRONTO, J. C. *Caring democracy: markets, equality, and justice*. New York: NYU Press, 2015.

TRONTO, J. C. *Moral boundaries: a political argument for an ethic of care*. New York: Routledge, 1993.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Lara Passini Vaz-Tostes; **Introdução ou Considerações iniciais:** Lara Passini Vaz-Tostes; **Referencial teórico:** Lara Passini Vaz-Tostes; **Metodologia:** Lara Passini Vaz-Tostes; **Análise de dados:** Lara Passini Vaz-Tostes; **Discussão dos resultados:** Lara Passini Vaz-Tostes; **Conclusão ou Considerações finais:** Lara Passini Vaz-Tostes; **Referências:** Lara Passini Vaz-Tostes; **Revisão do manuscrito:** Lara Passini Vaz-Tostes; **Aprovação da versão final publicada:** Lara Passini Vaz-Tostes.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 31 de maio de 2025.

Aprovado: 13 de novembro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

VAZ-TOSTES, Lara Passini. Ícaro, Dédalo e a Sociedade do Excesso: ética, prudência e regulação no capitalismo tecnológico. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 189-203, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Profa. Dra. Rita Rodrigues de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

A crise do estruturalismo tardio: perspectivismo e animismo, repensando cultura, natureza, espírito e corporeidade¹

The Crisis of Late Structuralism: Perspectivism and Animism, Rethinking Culture, Nature, Spirit, and Bodiliness

La crisis del estructuralismo tardío: Perspectivismo y animismo, repensando la cultura, la naturaleza, el espíritu y la corporeidad.

TERENCE TURNER²

LUCAS DE JESUS SANTOS³

RESUMO

O ponto de partida deste ensaio é uma avaliação dos êxitos e falhas do estruturalismo, exemplificado pela obra de Claude Lévi-Strauss, com particular atenção a sua aplicação a dados etnográficos amazônicos. Pretendo identificar as contribuições originais de Lévi-Strauss, mas também mostrar como o estruturalismo obstruiu e confundiu as estruturas e os temas das culturas amazônicas que tentou analisar por mal aplicar seus próprios conceitos teóricos e metodológicos, assim produzindo o que chamo de “crise de estruturalismo tardio”. Sugiro então como desenvolvimentos recentes na antropologia amazonista, notadamente o repensar o animismo proposto por Descola e seus sócios e o desenvolvimento do perspectivismo por E. Viveiros de Castro e seus colegas, podem ser entendidos como tentativas de evitar ou transcender esta crise através de uma reformulação de conceitos teóricos-chaves do estruturalismo, começando com a relação natureza e cultura. Discuto as semelhanças e as diferenças entre as abordagens animistas e perspectivistas do tema e outros conceitos teóricos decorrentes, como a relação entre a forma e o conteúdo do corpo, agência e espírito e as dimensões subjetivas e objetivas de esquemas cognitivos, considerados como as unidades fundamentais de estruturas culturais. Em conclusão, sugiro que o exame crítico dessas duas novas tendências teóricas aponta para uma reformulação positiva da relação natureza e cultura, enraizada no papel fundamental da atividade produtiva, e da produção reflexiva da produção como característica fundamental de muitas, senão todas, ideias culturais amazônicas de cultura.

Palavras-chave: estruturalismo; natureza-cultura; animismo; perspectivismo ameríndio; Amazônia.

ABSTRACT

The paper takes as its point of departure an assessment of the achievements and limitations of structuralism as exemplified by the work of Claude Lévi-Strauss, with particular attention to its applications to Amazonian ethnographic data. I attempt to identify the original contributions of structuralism, while explaining how it has distorted and misunderstood the Amazonian cultural structures and themes that it has sought to analyze by misapplying its own theoretical and methodological concepts, thus giving rise to what I call the “Crisis of Late Structuralism.” I then suggest how recent developments in Amazonianist anthropology, notably the rethinking of animism by Philippe Descola and his associates, and the development of perspectivism by Eduardo Viveiros de Castro and his colleagues can be understood as attempts to avoid or trans-

1 O presente artigo foi publicado originalmente na revista *Tipití – Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America*, v. 7, n. 1, de junho de 2009. Agradeço a Susana Matos Viegas, editora chefe, João Roberto Bort Jr., editor assistente de *Tipití*, pela anuência para publicação da tradução, bem como a Janaína Tatim, *copy editor* da área de português da revista, pela ajuda e mediação necessária (N. do T.).

2 Universidade de Chicago. E-mail: lucas.jesus@ifg.edu.br.

3 Tradutor. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9820-9739>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8963999445520807>. E-mail: lucas.jesus@ifg.edu.br.



cend this crisis by reformulating key theoretical assumptions of structuralism, beginning with the relation of nature and culture. I discuss similarities and differences between animist and perspectivist treatments of this theme, and other theoretical concepts that follow from it, such as the relation of bodily form and content, agency and spirit, and the subjective and objective dimensions of cognitive schemas considered as the fundamental units of cultural structures. In conclusion I suggest that a critical examination of these new theoretical tendencies points to a positive reformulation of the relation of nature and culture, rooted in the fundamental role of productive activity, and the reflexive production of production as the fundamental feature of many, if not all, Amazonian cultural ideas of culture.

Keywords: structuralism; nature-culture; animism; amerindian perspectivism; Amazon.

RESUMEN

El punto de partida de este ensayo es una evaluación de los éxitos y fracasos del estructuralismo, ejemplificados por la obra de Claude Lévi-Strauss, con especial atención a su aplicación a los datos etnográficos amazónicos. Me propongo identificar las contribuciones originales de Lévi-Strauss, pero también mostrar cómo el estructuralismo obstruyó y confundió las estructuras y los temas de las culturas amazónicas que intentó analizar al aplicar erróneamente sus propios conceptos teóricos y metodológicos, lo que produjo lo que denomino una «crisis del estructuralismo tardío». A continuación, sugiero cómo los desarrollos recientes en la antropología amazónica, en particular la reconsideración del animismo propuesta por Descola y sus colaboradores y el desarrollo del perspectivismo por E. Viveiros de Castro y sus colegas, pueden entenderse como intentos de evitar o superar esta crisis mediante una reformulación de conceptos teóricos clave del estructuralismo, comenzando por la relación entre naturaleza y cultura. Analizo las similitudes y diferencias entre los enfoques animistas y perspectivistas sobre el tema y otros conceptos teóricos emergentes, como la relación entre la forma y el contenido del cuerpo, la agencia y el espíritu, y las dimensiones subjetivas y objetivas de los esquemas cognitivos, considerados las unidades fundamentales de las estructuras culturales. En conclusión, sugiero que un análisis crítico de estas dos nuevas tendencias teóricas apunta a una reformulación positiva de la relación entre naturaleza y cultura, basada en el papel fundamental de la actividad productiva y la producción reflexiva de la producción como característica fundamental de muchas, si no todas, las ideas culturales amazónicas sobre la cultura.

Palabras clave: estructuralismo; naturaleza-cultura; animismo; perspectivismo amerindio; Amazonía.

1 A MORTE DE LÉVI-STRAUSS

A morte de Claude Lévi-Strauss em novembro de 2009 foi um evento que exigiu a devida comemoração de uma brilhante carreira antropológica. Foi também uma ocasião que convocou seus epígonos e críticos entre os antropólogos amazonistas, bem como muitos pensadores de outras linhas de trabalho intelectual e cultural que foram inspirados e influenciados por suas ideias, para contemplar a natureza de sua contribuição e até que ponto ela permanece sendo uma força vital que continua a influenciar o trabalho teórico nas disciplinas sociais e culturais.

O entusiasmo estimulado pelos trabalhos iniciais de Lévi-Strauss derivou de três contribuições teóricas originais. Em primeiro lugar, a nova abordagem teórica e metodológica, representada por seu conceito sintético de “estrutura”, plenamente apresentado pela primeira vez em *As Estruturas Elementares do Parentesco* (1949), que combinava a ideia matemática de um grupo de transformações restritas por um ou mais princípios invariantes (não aplicados anteriormente na antropologia, embora usados, pelo menos um século antes, na economia por Marx, entre outros);

as noções semióticas de classificação desenvolvidas por Saussure, com seus conceitos de signo e campo de significação; a fonologia componencial dos linguistas da Escola de Praga, Troubetzkoy e Jakobson; o associacionismo psicológico, as ideias da Gestalt de percepção de padrões e as noções antropológicas de tipologias comparadas de sistemas de parentesco e sistemas culturais de categorias. Foi uma síntese ousada e criativa extraída de fontes díspares, muitas das quais não eram familiares aos antropólogos da época.

Em segundo lugar, Lévi-Strauss ofereceu uma nova e poderosa ideia do objeto último da análise antropológica, as “estruturas fundamentais da mente humana”, que ele concebeu como as restrições invariantes que governam os grupos de transformações que compõem seus modelos estruturais, tornados acessíveis pela aplicação metodológica de seu novo conceito de estrutura. Essas restrições eram invariavelmente concebidas como princípios psicológicos ou sociopsicológicos, como a reciprocidade ou a distinção entre natureza e cultura. Elas constituíam placas de sinalização no caminho para o objetivo final de Lévi-Strauss de reduzir a cultura à psicologia e a psicologia aos processos naturais de percepção e associação inconsciente que produzem as categorias de cognição e classificação. O fim dessa trajetória analítica, tal como Lévi-Strauss a concebeu, foi a revelação da natureza tanto como o sujeito transcendental definitivo quanto como a fonte das características cognitivas da realidade objetiva. Essas ideias compunham a ideia de Lévi-Strauss sobre a maneira de a antropologia responder à grande questão que era sua razão de ser, ou seja, “qual é a natureza da humanidade”? Ele foi talvez o último grande antropólogo a fazer da busca por uma resposta a essa pergunta o foco de sua carreira.

Em terceiro lugar, pode-se dizer que Lévi-Strauss descobriu um novo tema para a análise antropológica: os detalhes aparentemente arbitrários e sem sentido dos mitos, cosmologias e sistemas de conhecimento indígenas, que ele reconheceu que poderiam ser analisados como o código de oposições lógicas e identidades que constituíam as estruturas cognitivas da cultura.

O programa analítico triplo baseado nessas três inovações teóricas fundamentais exerceu grande influência sobre a antropologia e campos relacionados, mesmo entre muitos que permaneceram céticos em relação à própria prática analítica de Lévi-Strauss e seus objetivos teóricos finais. Foi preciso tempo para que os pensadores críticos digerissem as ideias e esclarecessem seus aspectos problemáticos, tanto na teoria quanto na aplicação. Entre as muitas críticas que foram feitas ao edifício estruturalista, três se destacam por sua relevância para este artigo. Em primeiro lugar, há uma falha fundamental na aplicação de Lévi-Strauss de seu modelo teórico de estrutura, que pode ser resumida como a aplicação do modelo certo ao nível errado dos dados. Lévi-Strauss seguiu as concepções convencionais da semiótica contemporânea e dos estudos de parentesco ao conceber a organização formal de sistemas individuais de parentesco ou mitos como quadros

sincrônicos de relações ou contrastes de características, não deixando espaço para transformações internas, como as de enredos míticos ou ciclos de desenvolvimento de famílias. Portanto, ele foi obrigado a tentar aplicar seu modelo estrutural de grupos de transformações constrictos por restrições invariantes a conjuntos de múltiplos mitos ou sistemas de parentesco, cada um considerado como uma “transformação” ou “variante” unitária de uma estrutura mestre (incorporada pelo princípio ou princípios invariantes que supostamente compreendem a condição de constrição do grupo) que não pode ser localizada ou definida dentro de qualquer membro do grupo – nem, como se viu, em qualquer outro lugar. Nem Lévi-Strauss nem qualquer outro estruturalista confesso teve sucesso, que eu saiba, em produzir uma única análise da estrutura de qualquer “grupo” de “variantes” de qualquer construção cultural ou sistema de parentesco que realmente atenda aos requisitos formais de “invariância” especificados por Lévi-Strauss. Isso não significa que o modelo em si seja inviável ou inaplicável, mas apenas que ele não foi aplicado onde deveria ter sido, ou seja, nas transformações internas que compreendem os processos de desenvolvimento ou as tramas dos sistemas individuais em questão (sistemas de parentesco ou narrativas míticas), que de fato formam “grupos” de transformações constringidas a permanecer dentro de limites invariantes pela exigência imperiosa de reproduzir o sistema de relações ou o padrão esquemático de ações simbólicas em questão. Se isso fosse feito primeiro, os resultados dessas análises poderiam então ser comparados em um segundo nível, como um “grupo” de casos análogos, mas o que se estaria comparando seria bem diferente das “variantes” sincrônicas que compõem as análises estruturalistas. Uma consequência fatal da sincronização dos padrões internos de relações, que compreendem as “variantes” ou “transformações” das análises estruturalistas, é o achatamento de seus elementos constituintes em elementos relacionais ou signos inertes e desarticulados, privados de muitos dos significados intencionais e dinâmicos (transformadores) que possuem em seu contexto sistêmico original. Esse é um ponto de igual relevância para o estruturalismo e alguns de seus descendentes mais recentes.

Os outros dois pontos principais da síntese estruturalista original de Lévi-Strauss também são afetados negativamente pela inviabilidade de sua abordagem para a análise estrutural. A incapacidade de Lévi-Strauss de aplicar seu modelo estrutural à estrutura de sistemas individuais ou “transformações” significou que ele nunca foi capaz de definir restrições invariantes coordenando qualquer “grupo” de transformações como “estruturas fundamentais” com a precisão exigida por sua definição grupo-teórica de estrutura. A caracterização de seu procedimento para analisar “grupos” de mitos na “abertura” de *O Cru e o Cozido* (1969) como análogo a um cristal em crescimento que é claramente estruturado em seu centro, mas difuso e mal definido em sua periferia, evoca metaforicamente seu fracasso em encontrar a estrutura de qualquer grupo – o que significa, dada sua

definição de estrutura como a lei invariante do grupo, sua incapacidade de encontrar a estrutura de qualquer mito. A enorme quantidade de análises não estruturadas de padrões e transformações míticas que compõem os quatro volumes das *Mitológicas*, por mais estimulantes que sejam, representam, segundo os próprios padrões teóricos de Lévi-Strauss, o fracasso de sua busca estruturalista por estruturas fundamentais (Lévi-Strauss, 1964, p. 9-40)⁴.

Quando passou das estruturas de parentesco para os mitos e sistemas de conhecimento como seus principais temas, as tentativas de Lévi-Strauss de traduzir os significados dos elementos semióticos dos mitos e sistemas cosmológicos foram igualmente prejudicados por sua incapacidade de reconhecer a significância do fato de que esses elementos individuais são regularmente transformados no decorrer do mito ou do processo social em questão – transformações que se aplicam à sua significação, bem como às características de sua forma ou relações com outros elementos. Nos mitos Jê e Bororo sobre a origem do fogo de cozimento, que constitui o tema inicial de *O Cru e o Cozido*, por exemplo, o fogo aparece pela primeira vez como o sol distante no céu, que os homens usam para aquecer a carne que devem cortar em pedaços pequenos e colocar sobre as pedras para captar seus raios, depois desce para a terra como a extremidade de um tronco em brasa na casa dos jaguares, que o usam para assar grandes pedaços de carne e, finalmente, acaba sendo carregado pelos homens para a aldeia, onde é quebrado e usado para acender outros fogos de cozinha (Lévi-Strauss, 1964, p. 43-86). Cada uma dessas transformações do fogo carrega um significado diferente, e essa série de transformações transmite um sentido cumulativo que é o objetivo do mito. Lévi-Strauss analisa o fogo apenas como o signo da operação de cozimento, uma função que ele exercia na casa pré-cultural dos jaguares, perdendo completamente o significado de seu uso no final do mito como um meio geral de fazer outros fogos, o passo essencial para a cultura humana plena.

Ao abordar uma crítica do desenvolvimento do estruturalismo ou das ideias de seus epígonos teóricos mais recentes, é essencial ter em mente que nenhum deles se desenvolveu como projetos antropológicos puramente acadêmicos. Em vez disso, eles e seus autores tiveram, em graus variados, uma vida dupla como intelectuais públicos, envolvidos em controvérsias supra-acadêmicas de sua época. Desde seus primórdios, logo após a Segunda Guerra Mundial, o estruturalismo foi enquadrado por seus defensores tanto como uma crítica ao pensamento filosófico e social do Ocidente Moderno, em especial ao existencialismo, ao marxismo, à hermenêutica e à antropologia social estrutural-fun-

4 Para uma discussão mais completa sobre as limitações do estruturalismo, incluindo seu fracasso em produzir análises estruturais viáveis consistentes com a própria definição de estrutura de Lévi-Strauss, tornando-se, de fato, uma forma de pós-estruturalismo *avant l'heure*, ver TURNER, T. Structure and Entropy: Theoretical pastiche and the contradictions of 'structuralism'. *Current Anthropology*, Chicago, v. 31, n. 5, p. 563-568, Dec. 1990.

cional, quanto como uma abordagem antropológica preocupada com os sistemas de parentesco e os mitos das culturas indígenas australianas e ameríndias. A brilhante carreira de Lévi-Strauss exemplifica esse duplo foco do projeto estruturalista, com sua combinação de interesse antropológico nas culturas mais remotas e exóticas da Austrália aborígine e da Amazônia e seus empréstimos das teorias científicas da linguística estrutural e da semiologia, em voga na época, do trabalho de Merleau-Ponty sobre a psicologia da percepção e do que Lévi-Strauss chamou de a nova “matemática do Homem”, a “matemática qualitativa” da teoria dos conjuntos, da cibernética e da tecnologia da informação que se tornou popular após a Segunda Guerra Mundial (Lévi-Strauss, 1955).

O sucesso do estruturalismo como movimento intelectual deveu-se muito a esse duplo enfoque, com suas implicações metodológicas sedutoras de que as “estruturas fundamentais” das operações mentais humanas, manifestadas em suas formas mais puras e simples nas produções culturais das culturas humanas mais “primitivas” (ou seja, implicitamente, as mais “naturais”), têm uma semelhança familiar com os novos métodos de análise estrutural da linguística e da teoria dos grupos, emprestando assim seu prestígio científico à antropologia estruturalista. Essa herança intelectual complexa ajuda a entender um dos aspectos mais problemáticos do estruturalismo e seus desdobramentos mais recentes a partir de uma perspectiva antropológica, ou seja, sua tendência a reificar categorias conceituais gerais como “natureza” e “cultura” e a tratá-las no mesmo patamar das evidências etnográficas de ideias indígenas sobre o que pode ser definido em termos dessas categorias como fenômenos “naturais” ou “culturais”. Uma consequência disso é a tendência de tratar as entidades ou relações que podem ser atribuídas a uma ou outra categoria como internamente homogêneas, em vez de como amálgamas complexas de ambas. Essa tendência é acentuada por uma dependência teórica da semiologia saussureana, em particular de seus conceitos de signo, do campo de significação e da distinção entre *langue* e *parole* como modelos para classificações e cosmologias culturais, o que leva as análises a uma orientação idealista em direção à abstração de categorias epistemológicas e classificatórias a partir de formas de atividade material e relações sociais.

Como antropólogo que trabalha com os povos de língua Jê do Brasil Central, que desempenhou um papel central na formação das ideias de Lévi-Strauss sobre a estrutura social e a mitologia da Amazônia, inevitavelmente me vi realizando meu trabalho etnográfico e teórico em um diálogo pessoal e conceitual com Lévi-Strauss: conceitual, porque seus escritos me apontaram problemas e ideias que se tornaram centrais para meu próprio trabalho; e pessoal, porque, como muitos colegas amazonistas, eu o considerava um interlocutor vivo e interessado, invariavelmente receptivo e generoso com seu tempo quando eu o visitava em Paris. Comecei meu trabalho com os Kayapó em 1962, quando a influência de Lévi-Strauss estava em seu auge e o “estruturalismo” havia se tornado um foco de intenso interesse e controvérsia, não apenas na França, mas cada vez mais nos

círculos antropológicos e culturais anglófonos, hispânicos e lusófonos. Desde o final dos anos 1960, testemunhei (e, em pequena medida, participei) do declínio de sua eminência intelectual, que foi acelerado, se não causado, pelos eventos de maio de 1968 em Paris.

2 MAIO DE 1968 COMO REVOLTA ANTI-ESTRUTURALISTA

O declínio da influência do estruturalismo como abordagem teórica na antropologia, bem como nos estudos literários e culturais em geral, que começou depois de 1968, foi gradual e nunca total. Embora Lévi-Strauss tenha continuado a lecionar e a produzir trabalhos publicados em um ritmo surpreendente, ele se tornou uma figura cada vez mais isolada, sem herdeiros intelectuais diretos. O estruturalismo, entretanto, desfrutou de uma meia-vida prolongada em várias recensões ostensivamente “pós-estruturalistas” e “desconstrucionistas”, que deram continuidade a alguns dos princípios mais fundamentais do estruturalismo em termos diferentes. O principal deles foi o fracasso de Lévi-Strauss em produzir análises “estruturais” que satisfizessem seus próprios critérios de estrutura, tornando-o, de fato, um pioneiro do pós-estruturalismo *avant l'heure*.

Os estudantes e trabalhadores de Maio de 68 não adornaram suas barricadas com faixas pedindo a defesa da *langue*, mas com a exigência de *prendre la parole*. Eles não buscavam defender as estruturas existentes, mas desconstruí-las. Eles não estavam preocupados com a contemplação de padrões objetivados de pensamento inconsciente, mas com a ação subjetiva que poderia mudar e criar novas formas de consciência, bem como transformar materialmente as relações sociais existentes. Os filósofos parisienses reagiram ao que consideravam ser a crise de 1968 do estruturalismo como uma perspectiva fundada em uma noção contemplativa e saussureana de estrutura, ao repudiarem os aspectos do pensamento de Lévi-Strauss que pareciam mais fora de sintonia com o novo clima ideológico, que vinha germinando nas universidades, fábricas e outros contextos sociais antes de irromper nas manifestações de maio de 68.

Que os epígonos da hegemonia estruturalista tenham conseguido conservar aspectos importantes da síntese teórica de Lévi-Strauss e reciclá-los como componentes das novas posições ostensivamente anti-estruturalistas que desenvolveram é um tributo impressionante ao domínio que o estruturalismo adquiriu sobre a imaginação cultural francesa. Um tributo ainda mais revelador é como muitos, em sua pressa de se redefinirem como pós-estruturalistas, afirmaram energicamente, contra a evidência de seus próprios escritos anteriores, que é claro que nunca foram estruturalistas. A sucessão pós-1968 de formações teóricas híbridas que se seguiram não só confrontou e superou abertamente os problemas teóricos e analíticos do estruturalismo, como também os readaptou em novas formas que pareciam tornar virtuosos seus vícios teóricos. É a essa sucessão

de formações teóricas híbridas pós-1968, justaposta à contínua onda de trabalhos novos, mas teoricamente repetitivos, do próprio Lévi-Strauss, que me refiro como a crise do Estruturalismo Tardio.

Entre as posições híbridas que surgiram logo após os eventos de 1968, as mais notáveis vieram mais de filósofos e intelectuais públicos do que de antropólogos. Elas incluíam a interpretação heterodoxa de Derrida da teoria do signo de Saussure, que Lévi-Strauss havia empregado como base de seu conceito de estruturas de elementos de signo, como base de antiestruturas descentradas (Derrida, 1967). Derrida conseguiu isso reinterpretando a noção de Saussure sobre a arbitrariedade da relação significante-significado como um abismo existencial de “*différance*” da suposta unidade original de significante e significado. O modelo original para a noção de *différance* de Derrida pode ser buscado na noção de Lévi-Strauss do tabu do incesto como uma exigência de que os homens devem ceder suas parentes consanguíneas femininas como parceiras sexuais em trocas afetivas recíprocas com outros homens, diferindo assim a unidade primordial das relações familiares, em vez de seguir sua suposta preferência natural de mantê-las na unidade incestuosa (pré-social).

Uma abordagem diferente foi adotada por Foucault ao inverter o uso que Lévi-Strauss fazia do conceito de *langue* de Saussure como modelo de sua concepção de estrutura (que o próprio Foucault havia empregado em seu período estruturalista anterior a 1968). Em uma clara ruptura com Lévi-Strauss, Foucault ofereceu uma transvaloração da distinção fundamental de Saussure entre *langue* e *parole*, que cooptou habilmente a retórica do movimento de 1968, substituindo *langue* como a categoria fundamental de seu sistema “pós-estruturalista” pela categoria saussureana complementar de *parole*, retrabalhada e rebatizada como *discours* (Foucault, 1968). Sua concepção de discurso, no entanto, afastou-se do conceito de *parole* de Saussure em sua negação de qualquer papel para o sujeito como falante. Em vez disso, ele continuou a concebê-lo da maneira lévi-straussiana, austera e legitimada, como sem sujeito, como a *langue*, de fato como uma espécie de forma ativada da *langue*, agora entendida como um demiurgo estruturante de “poder”, impondo identidades subjetivas às pessoas sociais para capacitá-las a atender às necessidades do poder, que acabam sendo as exigências da estrutura social. Althusser produziu uma teoria análoga do sujeito como uma “interpelação” da sociedade como corolário de sua teoria “marxista estruturalista” da ideologia (Althusser, 1971).

Essas posições teóricas declaradamente anti ou pós-lévi-straussianas foram, na verdade, formuladas como continuações de aspectos essenciais da estrutura teórica do estruturalismo lévi-straussiano por outros meios, sobretudo o conceito de sujeito como um epifenômeno de estruturas linguísticas ou ideológicas impessoais e inconscientes, e a consequente irrelevância ou ilusão da consciência subjetiva, da agência e da atividade material.

3 A CRISE DO ESTRUTURALISMO TARDIO: ANIMISMO E PERSPECTIVISMO COMO SUCESSORES

Os antropólogos também foram influenciados pela agitação social e ideológica do final da década de 1960 e pelas novas ênfases na ação social e na agência subjetiva que se seguiram a elas, mas também responderam a influências distintas decorrentes das preocupações de sua disciplina com a interação dos sujeitos humanos com o ambiente natural e os significados sociais e tratamentos culturais do corpo humano. Todas essas preocupações informaram as reações dentro da disciplina às crises gêmeas do estruturalismo lévi-straussiano: o fracasso de seu próprio projeto de análise estrutural em revelar as estruturas que ele buscava e a rejeição do estruturalismo como um beco sem saída teórico quietista, incapaz de lidar com as realidades das desigualdades sociais e culturais contemporâneas da sociedade francesa, em especial sua estrutura de classes e seu sistema educacional, mas também, nos casos que consideraremos aqui, às reações pós-estruturalistas e desconstrucionistas de Foucault, Derrida e outros.

Entre os antropólogos profundamente engajados com o quadro teórico de Lévi-Strauss e influenciados por ele, as duas tendências críticas mais importantes que surgiram foram o renascimento do trabalho teórico e etnográfico sobre o animismo por Descola, Bird-David e outros (Bird-David, 1999; Descola, 1994; 1996; 2005; 2009) e o desenvolvimento do Perspectivismo como uma abordagem das noções cosmológicas indígenas amazônicas e, de forma mais ampla, ameríndias, por Eduardo Viveiros de Castro, seus alunos e associados (Viveiros de Castro, 1998; 2002a; 2002b; 2002c; 2004). Em ambos os casos, os teóricos que inicialmente desenvolveram essas posições começaram ou como estruturalistas lévi-straussianos (no caso de Viveiros de Castro, um brasileiro francófono intimamente envolvido com Lévi-Strauss e com a antropologia francesa) ou, como no caso de Descola (um aluno de Godelier com inclinações ecológicas e marxistas), formularam suas ideias em um diálogo crítico com sua visão. Ambas as abordagens começaram desafiando a concepção central de Lévi-Strauss sobre a relação entre natureza e cultura e seu papel como quadro de sua visão da antropologia como “entropologia”, a redução da cultura ao status de um epifenômeno da natureza. Lévi-Strauss concebeu a redução da cultura à natureza como operando por meio da determinação da consciência subjetiva por um inconsciente objetivo “kantiano” constituído pelo aparato neurológico da percepção e pelos padrões de associação semelhantes aos da Gestalt que ele transmite à mente consciente.

O Perspectivismo prosseguiu virando do avesso a proposição reducionista de Lévi-Strauss por meio de uma redução igualmente radical, mas oposta, da natureza à cultura, alcançada por meio da elevação da perspectiva subjetiva sobre o associacionismo objetivo como o constituinte determinante das identidades “espirituais” de todas as criaturas, animais e humanos. A alegação

fundamental do perspectivismo é que os indígenas amazônicos acreditam que os animais, como criaturas “naturais” arquetípicas, identificam-se subjetivamente como humanos, os seres culturais arquetípicos. O animismo chegou a uma alegação análoga para a universalidade da identidade espiritual, que se presume ser essencialmente humana e, portanto, cultural, dos seres humanos e de todas as entidades naturais (incluindo animais, plantas e alguns seres inanimados, como corpos celestes) por meio da documentação etnográfica de Descola sobre as relações sociais entre seres humanos e não humanos entre os Achuar, resultando em um borramento pragmático da fronteira entre os domínios natural e cultural por meio de uma infiltração espiritual e material de cada domínio por seres da outra categoria.

Assim, tanto o animismo quanto o perspectivismo têm como ponto de partida uma reconceitualização da relação entre natureza e cultura por meio da exploração de concepções indígenas da subjetividade comum de seres culturais e naturais, ao mesmo tempo que divergem em uma série de pontos filosóficos e teóricos. Ambas as tendências se afastaram de aspectos básicos do pensamento de Lévi-Strauss, bem como uma da outra, mas ambas continuaram, de maneiras diferentes, a trabalhar dentro da estrutura do conceito mestre de Lévi-Strauss da oposição categórica entre natureza e cultura como a preocupação básica das cosmologias amazônicas e, mais amplamente, ameríndias, apesar de suas reformulações heterodoxas de seus termos. Ambos os lados apresentaram suas posições em artigos retoricamente provocativos, claramente destinados a convidar ao engajamento crítico. Ofereço as seguintes observações no espírito de uma resposta acadêmica a esse convite, a partir da perspectiva (sic) de mais um ex-parceiro de viagem do projeto estruturalista.

4 NATUREZA E CULTURA: O CARCAJU E A AMOR-PERFEITO

A atração do estruturalismo tanto para antropólogos quanto para intelectuais humanistas em seus primeiros anos parecia ser intensificada apenas por sua rejeição de conceitos e preocupações fundamentais da análise filosófica, textual e antropológica convencional – por exemplo, consciência, significado, produção, história, forma (como diferente de “estrutura”), o sujeito (incluindo perspectiva, intencionalidade, agência, psicodinâmica freudiana e afeto) e todos os aspectos da linguagem que se enquadram na categoria saussureana de fala ou discurso, desde sintaxe, dêixis, referência a objetos e formas de discurso, como narrativa, até a pragmática social da fala em contexto), para selecionar alguns títulos de uma lista mais longa. Outro fator que contribuiu para o curioso prestígio das análises estruturalistas foi sua preocupação com os detalhes exóticos e aparentemente arbitrários e desmotivados dos mitos, rituais e cosmologias indígenas que envolviam animais, plantas e formas

naturais desconhecidos, que foi a grande conquista de Lévi-Strauss trazer para o âmbito de uma visão teórica capaz de reconhecer seu significado.

A preocupação de Lévi-Strauss com essas particularidades era parte integrante de sua concepção do grande tema dos mitos ameríndios, bem como da antropologia estruturalista: a relação entre natureza e cultura. Lévi-Strauss concebeu essa relação em dois níveis. Por um lado, ele interpretou os mitos ameríndios que relatam a diferenciação da humanidade e da cultura de um estado de natureza outrora compartilhado em termos mais ou menos iguais com os animais como expressões dos processos mentais naturais de percepção e associação por meio dos quais ele acreditava que as formas culturais são construídas. Por outro lado, ele procurou entender como as formas e propriedades sensíveis de entidades naturais, como flores ou espécies animais, são inconscientemente apropriadas pelo aparato perceptual e relacionadas umas às outras por processos psicológicos cognitivos de associação para formar estruturas culturais como classificação e representação. Assim, Lévi-Strauss sempre concebeu o processo de construção de estruturas culturais básicas como psicológico e inconsciente, em vez de um aspecto da interação social intencional (consciente, subjetiva), e concebeu o produto do processo, as estruturas ou as próprias variantes estruturais, como padrões sincrônicos abstratos, em vez de incluir as operações de transformação por meio das quais foram produzidas. As estruturas culturais, em outras palavras, podem ser concebidas como transformações prático-inertes de um conjunto mais inclusivo de “variantes” estruturais relacionadas, mas não como processos transformacionais em si.

A síntese à qual ele chegou, apresentada em *O Pensamento Selvagem* (em francês, *La Pensée Sauvage*, um trocadilho que significa tanto “pensamento natural” quanto “amor-perfeito selvagem”), foi concisamente evocada pelo layout visual da capa do livro, que mostra na frente a imagem de uma amor-perfeito selvagem abaixo do título em francês e, na contracapa, um carcaju, celebrado no texto por sua inteligência. O livro como objeto constitui, portanto, uma “gestalt sensorial” (o termo vem de Merleau-Ponty, a quem o livro é dedicado), codificando a mensagem do livro de que a mente humana, em seu estado natural, é constituída pela relação entre as formas sensoriais do mundo natural (a amor-perfeito) e as faculdades mentais naturais de percepção e associação (o carcaju). A cultura e o conteúdo ideacional da consciência subjetiva são representados pelas páginas de texto envoltas pelas duas capas. A análise estrutural, tal como Lévi-Strauss a concebeu, tornou-se, portanto, uma espécie de reducionismo irônico ou, em seu termo, uma “entropologia”, revelando como as culturas humanas, em suas tentativas de construir representações de sua diferenciação da natureza, ironicamente conseguem apenas produzir construções que revelam em sua forma e conteúdo o verdadeiro caráter da cultura como um epifenômeno da natureza. O resultado da análise estruturalista das formas culturais humanas é, portanto, a redução dos seres humanos

e de suas culturas ao seu verdadeiro status de produtos da interação da natureza com ela mesma, empregando os seres humanos como o meio involuntário do processo.

Para Lévi-Strauss, o ponto importante era a qualidade natural das faculdades e dos conteúdos substantivos da mentação e da cultura humanas, mas, ao enfatizar isso, ele também foi obrigado a reconhecer a implicação lógica de que essas faculdades sensoriais e cognitivas naturais não poderiam ser concebidas como exclusivamente humanas, mas deveriam ser entendidas como qualidades da mente e da inteligência compartilhadas com outros seres naturais, razão pela qual o carcaju foi parar na contracapa de *La Pensée Sauvage*. Dessa forma, o estruturalismo de Lévi-Strauss abriu a possibilidade de uma exploração teórica mais radical do compartilhamento da mente ou do espírito pelos seres humanos com os animais e outras entidades naturais.

O maior obstáculo a essa abertura parecia ser as limitações dos principais constituintes da própria teoria estruturalista, a psicologia associacionista, a abordagem da estrutura como padrão sincrônico abstraído dos processos transformacionais de sua produção e, acima de tudo, a camisa de força da semiótica saussureana, com sua fixação na *langue*, excluindo a *parole*, a significação, excluindo a referência e o sentido, e a objetividade abstrata, excluindo a consciência subjetiva, a intenção e a agência. À medida que essas limitações se tornaram cada vez mais evidentes para as gerações posteriores de *structuralistes* receptivos aos novos interesses antropológicos em subjetividade, agência e integração da cultura humana em sistemas ecológicos, a grandeza ascética da visão estruturalista de Lévi-Strauss passou a ser sentida cada vez mais como o produto de uma limitação irônica toda própria: a inadequação teórica e metodológica do uso de seu próprio conceito de estrutura. Novos trabalhos etnográficos realizados à luz de novos interesses em modos culturais de consciência subjetiva, bem como construções de corporalidade e interações com o meio ambiente, levaram a tentativas de formular abordagens mais holísticas para a relação da cultura e da sociedade com animais, plantas e o meio ambiente natural. Deve-se enfatizar, ao mesmo tempo, que grande parte desse novo trabalho se inspirou nas ideias de Lévi-Strauss sobre as fontes naturais da mente e da cultura, seguindo as implicações de suas sugestões de que as estruturas e os conteúdos da mente e da inteligência não são especificamente posses humanas, mas são compartilhados com os seres naturais. A revisão do animismo feita por Descola, com sua ênfase nas relações com plantas, animais e outras entidades naturais, estava na vanguarda dessa nova ecologia cultural.

Lévi-Strauss concebeu a relação natureza-cultura de forma ambígua, tanto externa quanto interna: externamente, como uma fronteira entre a cultura humana e o mundo da natureza além da aldeia; e internamente, como a divisão psicológica entre os processos mentais de percepção e associação e a consciência do sujeito cultural. Ao longo dessa fronteira psicológica, os primeiros confrontam os últimos como extensões objetivas do mundo natural externo que eles medeiam para a

última. As formas dessa mediação, na concepção de Lévi-Strauss, não são, portanto, apenas continuações do ambiente natural objetivo, mas servem como categorias transcendentais da consciência e da subjetividade. A subjetividade e o sentido, nessa perspectiva, tornam-se epifenômenos das formas e processos objetivos da natureza. Em nível teórico, isso pode ser considerado como uma redução da cultura à natureza. Como vimos, essa era a visão de Lévi-Strauss, personificada pelo carcaju na capa de *La Pensée Sauvage* – o exemplo da concepção de Lévi-Strauss sobre a naturalidade dos processos mentais que também constituem a base da cultura e da consciência humanas.

O próprio carcaju, no entanto, não é um sujeito cultural, apesar de toda a sua inteligência bruta. O idealismo epistemológico naturalista de Lévi-Strauss levanta implicitamente, mas não responde, a difícil questão da existência da subjetividade, o produto, se não a fonte, da inteligência natural e da percepção nos seres humanos, nos seres “naturais”. Se se pode afirmar que a cultura humana e a consciência subjetiva repousam sobre uma base de processos psicológicos naturais e padrões de tipo gestalt de características sensoriais de objetos de percepção, devemos inferir que a posse de tais faculdades mentais naturais e a onipresença de *gestalten* sensoriais no mundo objetivo natural implica a existência de superestruturas de consciência subjetiva, de intencionalidade e até mesmo de identidade cultural por parte de todos os seres assim dotados? Uma resposta positiva a essa pergunta pode assumir duas formas principais, uma enfatizando o aspecto subjetivo da mente como autoidentidade, a outra enfatizando as consequências objetivas e materiais da identidade subjetiva para as relações com outros seres (especialmente os humanos). De qualquer forma, o conceito estruturalista da relação entre natureza e cultura como domínios mutuamente externos e contrastantes torna-se insustentável. A tentativa de reformular essa relação fundamental no contexto de uma resposta à pergunta sobre a natureza da mentalidade dos seres naturais tornou-se, portanto, o foco da crise do Estruturalismo Tardio.

A primeira maneira de lidar com a questão é reconhecer que, se animais, plantas, corpos celestes e espíritos são concebidos como tendo consciência subjetiva, então a indicação paradoxal, dada a interpretação estruturalista ortodoxa da oposição binária entre natureza e cultura, em termos da qual a consciência subjetiva é relegada ao domínio da cultura, é que eles podem compartilhar a identidade consciente de sujeitos humanos (culturais). A implicação radical é que o que os estruturalistas ortodoxos consideravam o domínio da natureza é, na verdade, uma colônia psicológica e epistemológica do domínio da cultura: os seres naturais, em suma, tornaram-se seres culturais, pelo menos no que diz respeito a eles mesmos. Essa conclusão, alcançada por meio de uma lógica estruturalista impecável, no entanto, está claramente em contradição com a concepção estruturalista ortodoxa da relação natureza-cultura como uma oposição privativa dos domínios

natural/objetivo e cultural/subjetivo. Ao fazer isso, ele oferece uma maneira (embora bizarra) de ir além dela.

A segunda maneira de lidar com a mesma questão parte da constatação de que, se os seres naturais forem concebidos como possuidores não apenas de inteligência “selvagem” e qualidades mentais (ou seja, *la pensée sauvage*), mas de identidade subjetiva que inclui pessoalidade e cultura, de modo que os seres humanos possam formar relações sociais com os seres naturais com os quais compartilham mentalidade, subjetividade e espírito, a fronteira material e social entre os domínios cultural e natural desaparece ou, pelo menos, torna-se porosa. O resultado da inclusão de animais, plantas e outras entidades naturais no domínio social e cultural humano agora se torna não apenas uma questão de categorias ideais ou classificação cultural, mas também e igualmente de relações e atividades materiais e sociais. Assim, chegamos por um caminho diferente a outra contradição da concepção estruturalista ortodoxa da relação natureza-cultura como uma oposição privativa da natureza objetiva à cultura subjetiva, o que aponta para a possibilidade de uma segunda maneira de responder à pergunta e, portanto, uma rota de fuga diferente do impasse do Estruturalismo Tardio. Essa é a maneira que Descola chama de “domesticação” da natureza.

A primeira resposta é o caminho seguido pelo perspectivismo; a segunda é o caminho seguido pelo renascimento do animismo. Esses, em suma, são os caminhos para sair do impasse do estruturalismo lévi-Straussiano que foram seguidos por seus seguidores intelectuais mais inquietos: no primeiro caso, Eduardo Viveiros de Castro (de agora em diante, EVC) e aqueles que ele inspirou, e no segundo, Philippe Descola e outros que compartilharam suas ideias. Em nenhum dos casos vemos uma ruptura completa com o estruturalismo. A preocupação com a relação natureza-cultura permanece central em ambos os casos, mas é transformada de maneiras diferentes, que envolvem desvios consequentes do cânone lévi-straussiano recebido. O enquadramento da análise cultural nos termos da relação natureza-cultura permanece, mas em cada caso o sentido de seus termos foi transformado de forma a abrir novas linhas de investigação teórica e etnográfica, enquanto grande parte da teoria estruturalista formal e saussureana responsável pela crise do Estruturalismo Tardio é tacitamente descartada. Um entendimento crítico das fontes da crise, contudo, fornece uma base útil para compreender as características comuns e as diferenças do novo Animismo e do Perspectivismo como os dois principais descendentes teóricos do estruturalismo e como ambos convergiram para as questões do corpo e do “espírito”.

5 ANIMISMO: A NATUREZA COMO PAMPSIQUISMO UNIVERSAL

O renascimento do interesse antropológico pelo animismo, a concepção de Tylor da forma original de religião, deve-se principalmente ao trabalho de Philippe Descola. O conceito de Tylor baseava-se na ideia de que os objetos e seres naturais, tanto animados quanto inanimados, possuíam espíritos, concebidos como constituídos por faculdades mentais, afetos e consciência subjetiva, embora não necessariamente personalidades de tipo humano. Descola havia notado em seu trabalho de campo que os Achuar estabeleciam relações adotivas de parentesco com seres naturais, incluindo plantas e animais, considerando-os dotados de subjetividade, inteligência, afeto e capacidade de comunicação. Embora os humanos participem desse pan-espiritismo, o espírito não é concebido como uma entidade intrinsecamente humana ou cultural, mas sim como um produto inato de poderes naturais possuídos por todas as espécies, incluindo humanos, animais, plantas e os espíritos dos mortos. Subjetividade e mentalidade, conforme constituídas por esses poderes, são vistas como atributos naturais universais de todos os seres e, embora possam ser passíveis de relações sociais e culturais com os seres humanos, não são produtos da cultura humana. Ao contrário, é a posse desses poderes por entidades naturais, independentemente da cultura humana, que torna possível a comunicação dos humanos com elas e a adoção de algumas delas pelos humanos como membros da sociedade humana, constituindo-as, nos termos de Descola, como elementos de *la nature domestique* (Descola, 1994). A universalidade do espírito não implica homogeneidade universal, no sentido de que todas as espécies de seres possuem espíritos idênticos, assim como a universalidade da corporalidade não implica que os corpos de todas as espécies sejam os mesmos. Em vez disso, as formas corporais heterogêneas de diferentes espécies de seres correspondem a formas espirituais distintas, em muitos casos representadas por seres espirituais “mestres” que incorporam os atributos diferenciais de suas espécies de seres. Dessa forma, a “natureza” compreende um mundo de diferenças objetivas de formas corporais associadas a formas espirituais distintas, para as quais as faculdades subjetivas genéricas do espírito servem como um denominador comum universal.

Essa é a minha interpretação da evidência etnográfica, que difere em um aspecto crítico da interpretação de Descola. Descola considera o espírito como uma qualidade essencialmente humana, de modo que o compartilhamento do espírito por animais e plantas se resume a um compartilhamento da humanidade. Em sua interpretação, é essa humanidade comum que torna possível a formação de relações de parentesco entre os humanos e os animais e plantas. Essa não me parece ser uma conclusão logicamente necessária, válida para todas as instâncias de animismo

na Amazônia, mas Descola oferece evidências etnográficas para isso a partir de seus próprios dados de pesquisa sobre os Achuar e de algumas outras sociedades amazônicas.

De qualquer forma, está claro que o animismo, como Descola o concebe, não tem lugar para a distinção natureza-cultura concebida de forma estruturalista como uma oposição privativa entre os domínios da cultura humana e da natureza. Ao contrário, o relato etnográfico de Descola sobre as interações entre seres humanos (Achuar) e seres não humanos de vários tipos, muitos dos quais entram em relações sociais compartilhadas, tem o efeito de transformar a relação natureza-cultura de uma oposição binária de *categorias* logicamente distintas e mutuamente exclusivas, presumidas como correspondentes a classes discretas de seres, para uma relação social (ou não) entre seres naturais e culturais discretos, criando, assim, uma fronteira mutável e permeável entre o mundo natural não social e um domínio social que se entende incluir tanto seres humanos culturais quanto seres naturais, em que estes últimos são entendidos como dotados de identidades espirituais humanas. A cultura, em sua forma plenamente desenvolvida, continua sendo concebida como uma característica distintiva da sociedade humana, mas essa sociedade, na formulação heterodoxa de Descola, não forma uma unidade cultural delimitada, pois pode incluir relações com seres naturais não culturais, embora espiritualmente humanos. Isso ainda deixa sem resposta as questões sobre a fonte, a forma e o conteúdo desse espírito comum. Essas são questões que podem ser esclarecidas por uma análise mais aprofundada das relações de corporalidade, identidades subjetivas e perspectivas, que pertencem propriamente a uma discussão crítica do perspectivismo.

6 PERSPECTIVISMO: A NATUREZA COMO PANCULTURALISMO ANTROPOCÊNTRICO

Inspirado pelo menos tanto no diálogo crítico do estruturalismo com o humanismo modernista quanto nas interpretações antropológicas das culturas amazônicas, o perspectivismo se moldou por meio de uma polêmica radical contra os princípios do pensamento ocidental modernista, de Descartes a Lévi-Strauss, bem como todas as escolas de antropologia cultural recebidas. EVC apresenta as ideias perspectivistas como características do pensamento indígena amazônico, mas desenvolve suas proposições não tanto por meio da descrição e análise etnográfica das culturas amazônicas, mas por meio de um diálogo filosófico entre formulações ideal-típicas de ideias modernistas ocidentais e representações gerais correspondentes de ideias culturais amazônicas supostamente comuns. Essa abordagem retórica serve a um propósito metodológico e tem efeitos teóricos. A representação das ideias modernistas ocidentais empregadas na comparação cultural como um sistema integral e homogêneo de conceitos-tipo ideais altamente abstratos serve retoricamente para autorizar a representação perspectivista das ideias amazônicas como um sistema

igualmente homogêneo de conceitos abstratos comparáveis em generalidade e correspondentes em conteúdo temático e preocupações filosóficas com o sistema ocidental com o qual são comparadas: em suma, um sistema filosófico não muito diferente do idealismo especulativo ocidental moderno. O resultado é a deturpação e a má tradução da forma, do conteúdo e do sentido das categorias ideais e dos significados sociais de muitos sistemas culturais amazônicos, sem mencionar algumas das ideias ocidentais usadas para comparação. Além disso, há uma falha no reconhecimento de características fundamentais da construção e do sentido de categorias e proposições específicas que diferenciam as categorias amazônicas em questão das ideias modernistas com as quais são comparadas. Concordo com Lévi-Strauss, Viveiros de Castro e outros perspectivistas que há importantes ideias comuns compartilhadas por muitos sistemas amazônicos (como o animismo), mas também acho que há evidências etnográficas igualmente boas de diferenças significativas entre as construções culturais de diferentes sociedades amazônicas, como aquelas sociedades que possuem grandes aldeias efetivamente endogâmicas com sistemas estratificados de agrupamentos sociais, como os Jê e Bororo, e aquelas com assentamentos dispersos que são efetivamente exogâmicos e não estratificados, como muitos grupos Tupis, Caribes, Shuar, Achuar e alguns grupos Aruaques menores, sendo que as sociedades Tucanas e Aruaques do noroeste da Amazônia parecem combinar características de ambas.

Essas diferenças conceituais e estruturais entre as sociedades amazônicas, para não mencionar as diferenças entre as posições filosóficas e ideológicas modernistas ocidentais conflitantes, que são igualmente pouco consideradas, têm implicações importantes para alguns dos pontos teóricos em questão. Não se trata apenas de uma questão de conteúdo temático, mas da forma e da construção do que é apresentado como categorias correspondentes ou opostas nessas comparações. As supostas noções amazônicas apresentadas como contrapartes das noções ocidentais modernas de “natureza” e “cultura”, e as categorias relacionadas de “humanidade”, “espírito”, “habitus” e “forma” são exemplos primordiais desse problema. Voltarei a esses pontos em breve. A existência de variações tão significativas em ambos os sistemas culturais aponta para a inadequação de uma abordagem puramente idealista, que não é capaz de explicar essas variações. Este não é o lugar para uma crítica das representações do pensamento ocidental moderno que servem como quadros de contraste para formulações perspectivistas de conceitos amazônicos. Para os propósitos atuais, será melhor ir diretamente à base etnográfica e teórica das proposições perspectivistas sobre as ideias amazônicas.

7 ANIMAIS SÃO HUMANOS?

A alegação perspectivista mais radical e distintiva para a singularidade das cosmologias e perspectivas epistemológicas amazônicas em contraste com as ideias ocidentais (incluindo as ideias antropológicas estruturalistas recebidas sobre as culturas amazônicas) é que os amazônicos não concebem, afinal, a natureza, representada pelos animais, e a cultura como categorias mutuamente distintas e contrastantes, à maneira do estruturalismo lévi-straussiano. Em vez disso, os animais, como supostas personificações da natureza, identificam-se subjetivamente como humanos e, portanto, como seres culturais. A cultura e a humanidade não se limitam à humanidade, mas se estendem para abranger a natureza também (pelo menos a natureza animal: até onde as plantas e as entidades inanimadas, tão proeminentes no conceito de animismo de Tylor, estão incluídas na concepção de identidade cultural de EVC ainda não está claro). Em termos subjetivos, os animais são realmente humanos, embora com formas externas diferentes, que EVC descarta como meros “envelopes” sem conexões significativas com a identidade subjetiva do ser essencial dentro deles. Da mesma forma, as formas materiais das atividades são dissociadas de seu conteúdo mental essencial da perspectiva dos animais que as realizam. Assim, os animais supostamente se veem envolvidos nas mesmas atividades culturais que os humanos, mesmo que as formas objetivas de suas atividades pareçam aos humanos como animais e incultas. Por exemplo, as onças, ao beberem o sangue de suas vítimas, imaginam que estão tomando cerveja de mandioca fermentada, uma atividade cultural típica de algumas (embora não de todas) sociedades amazônicas humanas.

EVC deriva essa revisão desafiadora das ideias estruturalistas e modernistas recebidas de sua reinterpretação dos mitos amazônicos e das ideias relacionadas de vários povos amazônicos. Os mitos em questão relatam que, antes do desenvolvimento da cultura humana em sua forma contemporânea, os seres humanos e os animais coexistiam em termos relativamente indiferenciados, compartilhando a linguagem e, por parte dos animais, os protótipos de aparatos culturais, como fogo para cozinhar, arcos e flechas, casas, formas de caçar, coletar e preparar alimentos e fiar fios de algodão. Animais e humanos podiam assumir as formas uns dos outros, conversar e, em alguns casos, até mesmo se casar. Cada espécie, no entanto, tinha sua própria forma corporal característica, essencialmente a que tem hoje, e os humanos eram ligeiramente mais inteligentes do que os animais (e mais malvados – às vezes mentiam para os animais ou pregavam peças neles). De acordo com EVC, os animais se identificaram com os humanos e passaram a considerar seu comportamento como cultural, e continuam a fazê-lo até os dias atuais.

Essa última parte da interpretação de EVC, entretanto, não é apoiada pelos textos reais das variantes do mito com as quais estou familiarizado⁵. De acordo com essas variantes Jê e Bororo, os humanos ancestrais ainda não possuíam cultura na era mítica em que eles e os animais coexistiam. Ao contrário, como mencionei, eram os animais, e não os humanos ancestrais, que inicialmente possuíam protótipos dos principais produtos culturais. Os humanos tiveram que roubar ou adquirir esses produtos antes de aprender a produzi-los e, assim, criar cultura no sentido pleno e contemporâneo. O desenvolvimento humano da cultura e os atos que levaram a ele romperam a coexistência edênica dos humanos e animais ancestrais e resultaram na perda, por parte dos animais, das posses e habilidades protoculturais que possuíam. Assim, os animais se tornaram totalmente diferenciados dos seres humanos como seres completamente naturais, e os seres humanos, da mesma forma, tornaram-se totalmente diferenciados deles como seres humanos culturais contemporâneos.

A interpretação de EVC desse mito (ele parece incluir os mitos Jê e Bororo, que Lévi-Strauss toma como ponto de partida de *O Cru e o Cozido*, entre os “mitos amazônicos” aos quais ele se refere) fornece grande parte da base para o edifício teórico do perspectivismo. Ele parte do pressuposto de que os humanos ancestrais do mito, aqueles que coabitavam em igualdade com os animais, eram idênticos, para todos os fins relevantes, aos humanos contemporâneos, ou seja, que já eram seres culturais. Essa suposição é essencial para sua tese de que os animais da era mítica, ao se identificarem com seus contemporâneos, os humanos ancestrais, identificaram-se como seres com cultura no sentido contemporâneo. EVC interpreta ainda o mito como evidência de que os ameríndios contemporâneos acreditam que os descendentes dos animais continuaram a se identificar como seres humanos e culturais até o presente.

As principais características da narrativa mítica (ou pelo menos as variantes Jê e Bororo), no entanto, contradizem essas suposições. Nelas, tanto os humanos quanto os animais da era mítica são descritos como sendo mais parecidos uns com os outros do que os humanos e animais contemporâneos. O mito conta como as formas contemporâneas de cada um deles se diferenciaram por meio de um processo no qual os humanos ancestrais se transformaram em humanos modernos por meio da invenção da cultura, enquanto as formas ancestrais dos animais se tornaram menos parecidas com os humanos, perdendo suas posses protoculturais, e assim se tornaram seres totalmente naturais, como os animais modernos, completamente desprovidos de traços culturais. A interpretação perspectivista do mito, em suma, está exatamente errada, pelo menos no que diz respeito a esse conjunto de mitos. O ponto principal desses mitos não é como os animais se tornaram

5 Veja, por exemplo, os seguintes mitos reproduzidos em Wilbert (1978), listados por número e página: 57(160), 58(164), 59(166), 62(177), 63(181), 64(184), 65(190), 66(191), 90(242), 93(247), 94(248), 96(251), 99(257), 104(263), 105(265), 106(266), 107(266), 108(268), 109(269), 111(274), 112(276), 113(279), 114(285).

e continuam a ser identificados com os humanos, subvertendo assim o contraste entre natureza e cultura, mas como os animais e os humanos se tornaram totalmente diferenciados uns dos outros, dando origem à diferenciação contemporânea entre natureza e cultura. Em vez de contar como a comunidade mítica de humanos e animais resultou em uma identificação duradoura dos últimos com os primeiros, os mitos contam a história oposta de como a diferenciação mútua das espécies e, com isso, de suas respectivas identidades e perspectivas subjetivas, na verdade surgiu como resultado corolário da posse unilateral da cultura pelos humanos.

A interpretação perspectivista não apenas interpreta erroneamente a mensagem explícita das variantes Jê do mito, mas também se baseia em outras inferências que não encontram apoio na narrativa mítica. Essas inferências não se seguem logicamente e parecem proceder de um antropocentrismo não examinado. Para começar, o relato do mito sobre o estado original de relativa indiferenciação entre humanos e animais não inclui nenhuma afirmação explícita de que os animais se identificavam subjetivamente com os humanos. O que os mitos dizem é que as identidades animal e humana e, portanto, também, em termos perspectivistas, suas perspectivas, eram relativamente indiferenciadas. Ambos possuíam linguagem e alguns outros traços proto-culturais, mas também possuíam traços animais, como devorar sua carne crua. Que os animais ancestrais tenham adotado algumas características quase humanas não implica que eles se identificaram com os proto-humanos mais do que o fato de os humanos ancestrais, ao comerem sua carne crua, tenham se identificado como animais.

O antropocentrismo implícito da formulação perspectivista aparece mais claramente em outras proposições da teoria perspectivista, como as que tratam da “espiritualidade” dos animais e da participação nas relações sociais com os humanos. EVC assume que esses aspectos do caráter e do comportamento animal devem ser o resultado da identificação dos animais com os humanos, com base no fato de que o “espírito” e a capacidade de relações sociais são atributos intrinsecamente humanos. No entanto, nem as culturas ameríndias em geral, nem as culturas amazônicas em particular, nem os mitos em questão oferecem qualquer suporte para essa suposição antropocêntrica. Pelo contrário, os mitos, a cosmologia e a prática ritual indígena amazônica fornecem ampla evidência para a suposição oposta, ou seja, que todas as entidades, não apenas os animais, mas também as plantas e até mesmo alguns objetos inanimados, possuem espíritos por seu próprio direito. Segue-se que elas podem ter a capacidade, se não necessariamente a propensão, de entrar em relações sociais com os humanos, mas isso não faz com que se identifiquem como humanos. A esse respeito, a evidência etnográfica é consistente com uma versão não antropocêntrica do animismo, em vez de uma perspectiva antropocêntrica.

8 A NATUREZA DA CULTURA E A RELAÇÃO DA CULTURA COM A NATUREZA

Essas reservas críticas sobre a autoapresentação do perspectivismo como uma transformação revolucionária das concepções estruturalistas e modernistas ortodoxas do contraste natureza-cultura e sua alegação de ter identificado o princípio básico das cosmologias amazônicas servem para trazer um foco mais nítido das continuidades do perspectivismo e do estruturalismo em outros aspectos essenciais. Na verdade, o perspectivismo mantém a concepção estruturalista ortodoxa da relação entre natureza e cultura como uma oposição privativa binária de categorias classificatórias mutuamente exclusivas, definidas por meio da presença ou ausência contrastiva de características: assim, a cultura é definida pela posse de características distintas, como linguagem, fogo para cozinhar, cerveja de mandioca etc., e a natureza, como categoria oposta, é definida pela ausência dessas características. No entanto, uma atenção mais atenta aos detalhes etnográficos dos mitos nos quais se baseiam as noções estruturalistas e perspectivistas dessas categorias revela que essa forma de pensar não compreende as concepções indígenas sobre a natureza da cultura, bem como sobre o domínio ou a condição da natureza e, o que é mais importante, sobre a onipresença e o papel das mediações entre as duas, como aquelas constituídas pelos protótipos de itens culturais possuídos pelos animais ancestrais nos mitos.

Os mitos não representam a transição da coexistência relativamente indiferenciada de humanos e animais para uma cultura humana plenamente desenvolvida e uma animalidade acultural como um simples processo de perda ou aquisição de traços. Eles enfatizam a importância da posse dos bens proto-culturais dos animais (o fogo de cozimento, o arco e as flechas, a cerveja de mandioca etc.) como um estágio crucial de transição entre os dois. A essência da cultura plenamente desenvolvida, em contraste com a casa a meio caminho dos protótipos dos animais, é antes descrita como a capacidade de *produzir* estas coisas e, mais importante ainda, o que esta capacidade implica, *a capacidade reflexiva de produzir o processo de produzi-las, como uma forma de atividade generalizada e infinitamente replicável*.

O que está envolvido aqui não é meramente a classificação, ou mesmo um simples processo cognitivo ou perceptivo de objetificação, mas um processo reflexivo de meta-objetificação, de forma abstrata e generalizada: isto é, do próprio processo de objetificação. Isso claramente requer um nível diferente de operações cognitivas do que aquele envolvido na simples posse e uso de objetos individuais, mesmo aqueles que podem constituir protótipos de artefatos culturais. Esta é a diferença, por exemplo, entre o fogo de cozimento de uma peça possuído pelos jaguares nos mitos Jê sobre a origem do fogo de cozimento e o uso de um pedaço de espécime daquele fogo para acender outros fogos de cozinha no final climático do mito (Turner, 1985, p. 87-96). Os animais ancestrais nos

mitos possuem objetos como fogo de cozimento ou cerveja ou arcos e flechas, mas esses são representados apenas como posses singulares, como se fossem, no que diz respeito aos seus donos animais, coisas autoexistentes ou auto-objetificantes, ou objetos encontrados dos quais os animais se apropriaram, mas que nunca fizeram. Em nenhum lugar os animais são descritos como tendo a capacidade cultural ou o poder de produzir ou copiar tais coisas. Quando os humanos os adquirem dos animais, por qualquer meio que seja, os animais simplesmente os perdem. Eles não podem fazer outros para substituí-los, porque não podem produzir produção.

A cultura passa a existir plenamente quando os humanos ancestrais não apenas tomam posse desses objetos, mas quando se tornam capazes de objetivar e replicar os processos de objetivação (em termos pragmáticos, produção) pelos quais eles são produzidos: como usar o fogo para fazer fogo, como fermentar mandioca para fazer cerveja de mandioca ou como transformar as formas superficiais de seus corpos com pinturas ou ornamentos para produzir ou regular de maneiras culturalmente padronizadas os processos corporais internos de transformação que dão origem a aspectos da personalidade social.

Os produtos desse processo, sejam eles artefatos materiais ou objetos conceituais de conhecimento, não podem ser entendidos como classes simples e internamente homogêneas em uma ordem semiótica de significação ou taxonomia etnocientífica, mas como esquemas complexos compostos de elementos heterogêneos e níveis de características, compreendendo etapas transformacionais em um processo de mediação de formas relativamente naturais para formas relativamente culturais (por exemplo, da apropriação de entidades “naturais”, como o fogo ou animais de caça, ao uso do fogo para cozinhar a carne dos animais e ao uso do fogo para cozinhar ele mesmo, ou seja, para fazer fogo). A carne cozida, como um produto cultural representativo, pode ser oposta à carne crua, à boa maneira estruturalista, como uma instância do contraste binário da cultura com a natureza, mas o que a tornou um artefato cultural foram as operações transformadoras condensadas nela, não apenas o cozimento, mas o acendimento do fogo de cozimento. Assim, a cultura não se opõe à natureza como um simples contraste binário, mutuamente exclusivo, de características semânticas, mas consiste, ao contrário, numa relação complexa, reflexiva e transformadora com ela. Esse processo contém e sobrepõe-se aos seus componentes naturais básicos como uma série de níveis incrementais numa hierarquia de operações transformacionais (esquemas) de crescente poder generativo (produtivo). As coisas culturais, em outras palavras, são compostas de conteúdo natural (a carne, o corpo físico da pessoa social) e as atividades transformadoras por meio das quais ele é objetivado (isto é, transformado em) formas culturais. A cultura, entendida nesses termos, não exclui nem suprime conteúdos ou qualidades naturais, mas os retém e reproduz por meio do emprego de metaformas mais abstratas e generalizadas dos processos e poderes que os produzem.

A ênfase da minha discussão sobre o sentido dos mitos no papel das transformações em série de elementos simbólicos, como o fogo de cozimento, pode lembrar a crítica da concepção unidimensional e sincrônica de Lévi-Strauss sobre a significação dos elementos semiológicos do mito apresentada na introdução deste artigo. Uma parte integral dessa crítica foi o reconhecimento de que as “estruturas fundamentais” da cultura e da mente que Lévi-Strauss esperava revelar por meio da análise estrutural de “grupos” de mitos deveriam ser buscadas adequadamente no nível dos princípios invariantes que governam as transformações internas que compreendem as estruturas de mitos individuais ou sistemas de parentesco. Essas transformações, é claro, não se limitam aos elementos simbólicos ou semióticos individuais de construções culturais, como os mitos, mas podem envolver construções mais complexas, como tropos (Turner, 1991; 2006) ou episódios de narrativas míticas (Turner, 1985). No caso em questão, sugiro que as transformações progressivas do fogo de cozimento como o tema central da alegoria mítica do surgimento da cultura a partir da natureza estão em conformidade com o princípio de que a eficácia das atividades transformacionais (como cozinhar) varia diretamente como o poder dessas atividades de produzir (e, portanto, transformar) a si mesmas. A produção, considerada como uma atividade auto-objetificante e autotransformadora, é, portanto, a essência da cultura e sua diferenciação da natureza.

Essa concepção relativamente sofisticada da relação entre natureza e cultura como um processo transformacional em vez de um contraste semiológico sincrônico, prático-inerte, é claramente formulada nos mitos Jê e Bororo, mas é tornada invisível pela análise estruturalista como a de Lévi-Strauss em *O Cru e o Cozido*, com seu filtro conceitual da semiótica saussureana que bloqueia o reconhecimento do significado cultural das atividades pelas quais os objetos e as categorias em questão são produzidos. Esse é um ponto fundamental de discordância entre os mitos amazônicos, conforme interpretados aqui, e o perspectivismo, dada a afirmação de EVC de que a produção não é um processo transformacional, deixando apenas a troca como uma atividade verdadeiramente transformacional capaz de induzir a transformação de perspectivas. Nesse ponto crítico, EVC se mostra um estruturalista ortodoxo, acompanhando Lévi-Strauss em *As Estruturas Elementares do Parentesco* e outros escritos iniciais sobre parentesco. Nesses escritos, Lévi-Strauss usa a teoria da troca, fundamentada na “estrutura fundamental” da reciprocidade, como base de sua análise do parentesco, presumindo a questão de como dar conta da existência dos trocadores (os grupos de homens que supostamente deram origem à cultura humana trocando mulheres, sem mencionar os próprios homens e mulheres). Em suma: as transformações da atividade produtiva, que incluem a troca como um de seus momentos mediadores, são, de acordo com os mitos de pelo menos um grupo numeroso e importante de povos indígenas da Amazônia, os principais mediadores da relação da natureza com a cultura e constroem diretamente as estruturas pragmáticas e conceituais

da própria cultura. A falha do Perspectivismo em teorizar o papel das transformações produtivas nas estruturas culturais é uma lacuna importante em sua concepção das perspectivas. Isso faz com que ele não reconheça as operações reflexivas de objetivação e meta-objetivação que os mitos representam como propriedades distintivas da cultura pelo que elas são: as perspectivas mais poderosas e importantes de todas.

9 “MULTINATURALISMO”: DIFERENTES MUNDOS OU DIFERENTES PERSPECTIVAS?

O foco do perspectivismo nos conceitos amazônicos do eu (para o perspectivismo, isso significa essencialmente o sujeito epistemológico em vez do agente da práxis) constitui um afastamento salutar da perspectiva teórica objetivista unilateral do estruturalismo e seu desinteresse pelo papel das perspectivas subjetivas na formação de representações culturais e semióticas, incluindo cosmologias. O subjetivismo unilateral do perspectivismo parece qualificá-lo como uma forma de relativismo: se diferentes sujeitos veem o mundo de forma diferente, pode ser porque eles têm diferentes pontos de vista subjetivos ou diferentes formas de ver o mundo. EVC, no entanto, rejeita essa visão do perspectivismo como relativismo, com base no fato de que os amazonenses (e, na verdade, em vários pontos de seu argumento, todos os ameríndios) pensam que, embora os animais, a partir de suas perspectivas idênticas às dos humanos, vejam o mundo *da mesma forma*, eles chegam a ideias diferentes porque *veem mundos diferentes* (isso é o que ele chama de “multinaturalismo”).

Para entender o que está em questão aqui, é preciso começar perguntando quais são as diferenças entre os “mundos” que os animais supostamente veem. A resposta dada por EVC é: a identidade animal das diferentes espécies de animais, tal como vista pelos sujeitos animais de cada espécie que se identificam como humanos. Cada espécie é vista por todas as outras como um animal, mas se vê como um ser humano (ou seja, cultural). Portanto, para cada espécie, a fronteira entre natureza e cultura é traçada de forma diferente. Assim, cada espécie vê uma “natureza” diferente de todas as outras. Pode-se perguntar em que isso difere da ideia “naturalista” convencional de que cada espécie de animal reconhece sua própria espécie e vê todas as outras espécies como tipos diferentes de animais. A resposta é que a única diferença parece ser a suposição de que cada animal continua a se identificar como um humano e, portanto, um cidadão em boa situação no domínio da cultura, em contraste com todos os outros animais. Podemos observar de passagem que isso parece deixar a forma da oposição conceitual de natureza e cultura intacta no que diz respeito à sua estrutura lógica. Somente seu conteúdo é tratado como variável (“múltiplo”), e isso apenas em virtude do princípio psicológico do egocentrismo das perspectivas animais. A forma dos mundos vistos por todas as espécies permanece a mesma.

Uma consequência problemática adicional da ideia de multinaturalismo de EVC é que, ao ter se comprometido com a tese de que todos os animais se veem como humanos, torna-se necessário para ele sustentar que os corpos visíveis das diferentes espécies (os animais podem, é claro, ver seus próprios corpos, ou partes deles, bem como os de outros animais) não têm nada a ver com suas identidades subjetivas internas como humanos. Como ele escreve:

[...] a forma manifesta de cada espécie é um mero “envelope” (uma “roupa”) a esconder uma forma interna humanoide [...] essa forma interna é a alma ou o espírito do animal: uma intencionalidade ou subjetividade formalmente idêntica à consciência humana (Viveiros de Castro, 2004, p. 465).

As identidades subjetivas internas, contudo, são invisíveis para outros animais (e humanos). Portanto, animais de espécies diferentes devem ver uns aos outros como animais e não como eles se veem (com os olhos de suas mentes) como humanos. Mas com base em que eles “veem” as naturezas animais dessas outras espécies? A forma manifesta do corpo físico já foi descartada como uma mera “roupa” irrelevante para a identidade essencial da espécie. Como, então, encontrar uma maneira de reconhecer o significado da corporalidade física para as identidades animais perspectivísticas de outras espécies animais? EVC lida com essa questão da seguinte forma:

Os animais percebem as diferenças entre as espécies de animais não com base em diferenças fisiológicas – os ameríndios reconhecem uma uniformidade básica dos corpos – mas sim [em] afetos, no antigo sentido de disposições ou capacidades que tornam o corpo de cada espécie único [...] o corpo é, nesse sentido, um conjunto de afetos ou modos de ser que constitui um *habitus* [...] e o corpo é a origem das perspectivas (Viveiros de Castro, 2004, p. 475).

Não entendo o que EVC quer dizer com sua afirmação de que “os ameríndios reconhecem uma uniformidade básica dos corpos” (não é assim em nenhum sentido relevante, em minha experiência limitada), nem qual é a relevância da afirmação de que “os *animais* não percebem diferenças fisiológicas entre as espécies” para sua afirmação sobre como os “ameríndios” veem o mundo (*italico meu*). No entanto, tenho algumas outras dúvidas sobre o uso que EVC faz do conceito de *habitus* e seu lugar em seu argumento complexo sobre a relevância da forma corporal para a identidade subjetiva, o espírito e a perspectiva.

Como um modo distinto de orientação afetiva e disposição comportamental em relação ao mundo, o *habitus* constitui uma forma pragmática de perspectiva sobre ele. De maneira bastante clara, ele constitui parte da perspectiva diferencial de um animal sobre o mundo e, portanto, o “mundo diferente” que ele vê. Em suma, o *habitus* deve ser o aspecto do *corpo* que é a “origem” das

perspectivas e, como tal, condiciona a “natureza” específica vista pela espécie, independentemente de sua suposta identidade subjetiva interna como humano, que supostamente não está relacionada à sua forma corporal, embora, em outras conexões, esse seja o aspecto do ser animal que EVC afirma ser a base de sua perspectiva (de fato, a base do “perspectivismo” como teoria).

O conceito de *habitus* é fundamental para EVC porque ele não pretende apontar para dentro da identidade subjetiva do animal, mas para fora, para seu comportamento e interação com o mundo. EVC define o conceito como afetivo ao invés de cognitivo (em contraste com outros teóricos, como Mauss ou Bourdieu, que empregaram o conceito para denotar modos cognitivos e afetivos de perspectiva subjetiva) e como composto pelos comportamentos especificamente bestiais da espécie. Assim, em virtude dessa definição idiossincrática, ele passa a ser identificado como o aspecto “natural” da identidade da espécie, em contraste com o aspecto humano cognitivo e cultural que compõe sua subjetividade interna. De fato, a reformulação do conceito de *habitus* se torna a base indispensável para a reintrodução da oposição estruturalista entre natureza e cultura como a estrutura do conceito de identidade animal de EVC, de uma forma que deixa o componente cultural (espiritual, humano) intacto e isolado do aspecto corporal bestial e natural da criatura. O princípio fundamental em questão aqui é a dissociação mútua e a irrelevância da forma corporal externa (natural, afetiva) e do conteúdo espiritual interno (cultural, cognitivo).

Sem dúvida, é para destacar o papel distintivo do *habitus* a esse respeito que EVC afirma que “os ameríndios reconhecem uma uniformidade básica dos corpos”, o que, se tomado literalmente, significaria que eles não percebem ou “reconhecem” cognitivamente as diferenças corporais entre os animais, o que, se for verdade, pareceria de fato deixar o *habitus* afetivo como a única propriedade visivelmente diferenciável dos animais. Fora a questão de qual evidência poderia ser encontrada para tal afirmação, a tentativa de restringir o significado de *habitus* a disposições afetivas parece insustentável e, assim que uma dimensão cognitiva é admitida, o uso do conceito no argumento de EVC se torna contraditório. Como um modo específico de atividade material, o *habitus* de uma espécie deve obviamente levar em conta a forma física, o tamanho e as capacidades da forma física corporal da espécie. Ele deve, portanto, constituir a estrutura, não apenas de uma perspectiva subjetiva integral (afetiva, mas também cognitiva) sobre o mundo para o animal em questão, mas também da identidade objetiva de cada espécie conforme ela é percebida por outras espécies. Portanto, parece estar em contradição com a suposta “uniformidade” conceitual de seus corpos, bem como com a dissociação das características corporais e da aparência como mera “roupa” de aspectos do caráter (disposição afetiva, modos típicos de comportamento etc.), se não da identidade espiritual interna da espécie.

10 MULTINATURALISMO COMO “TIPO” E “BOMBA”

O “multinaturalismo”, como sugeri acima, repousa diretamente sobre a base do contraste estruturalista familiar entre uma categoria geral e, no nível mais abstrato, unitária, de cultura e uma categoria igualmente genérica e abstratamente unitária de natureza. Ambas as categorias podem ser, e rotineiramente são, empregadas em níveis menos abstratos e gerais para se aplicar às variedades de culturas específicas e espécies naturais, dando origem, respectivamente, ao multiculturalismo e ao multinaturalismo. Esses são simplesmente movimentos análogos dentro de uma hierarquia taxonômica que consiste em diferentes níveis de generalidade e uma provisão mais ou menos ampla para diferentes perspectivas subjetivas, e não filosofias totalmente opostas, como argumenta EVC. Da mesma forma, o “naturalismo” e o “multinaturalismo”, que EVC representa como perspectivas teóricas contraditórias, sendo a primeira a do modernismo pré-perspectivista e ultrapassado e a segunda a visão perspectivista que agora o está suplantando, são mais precisamente, senão simplesmente, entendidos como rótulos para focos em diferentes níveis da mesma hierarquia conceitual. O “naturalismo” não implica a negação das diferenças entre as espécies, assim como o “multinaturalismo” não implica a rejeição das propriedades naturais (biológicas) comuns dos animais, compartilhadas em graus variados por todos eles. Ele difere do “multinaturalismo” ao levar a sério as relações positivas entre as características corporais, o *habitus* e o caráter interno e as perspectivas das criaturas naturais, mas, nesse aspecto, acredito que esteja mais próximo do pensamento da maioria, se não de todos os índios amazônicos, do que o “multinaturalismo” perspectivista.

O “multinaturalismo”, de qualquer forma, não suplanta logicamente a distinção natureza-cultura compartilhada pela maioria das variedades do modernismo, incluindo o estruturalismo e a antropologia, que EVC chama coletivamente de “naturalismo”, como ele afirma. Em vez disso, o multinaturalismo continua a pressupô-la como a forma comum do contraste entre os *habitus* de todas as diferentes espécies animais e a identidade (cultural) humana que constitui sua “subjetividade formal”. Para EVC, como descrevi na seção anterior, a estrutura psíquica e corporal de cada espécie constitui um microcosmo logicamente idêntico do contraste privativo entre a identidade espiritual, humana e cultural e uma perspectiva corporal, bestial, afetiva e natural. Assim, a oposição binária natureza-cultura que supostamente havia sido quebrada e transcendida pelo conceito de multinaturalismo retorna como a estrutura formal de um número potencialmente infinito de casos, como as muitas vassouras pequenas que surgem da vassoura quebrada no filme da Disney “O Aprendiz de Feiticeiro” em “Fantasia”.

Essa interpretação metafórica das implicações do multinaturalismo para as ciências humanas e naturais pode ser contrastada com a alegação de EVC (conforme relatado por Bruno Latour

em seu relato delirantemente entusiasmado da “*disputatio*” pública entre EVC e Descola, realizada em Paris em janeiro de 2009) de que o perspectivismo e o multinaturalismo constituem:

uma bomba, com o potencial de explodir toda a implícita filosofia tão dominante na maior parte das interpretações dos etnógrafos sobre seus materiais [...] [O multinaturalismo é] um conceito muito mais incômodo [do que o perspectivismo] [...] Enquanto os pesquisadores, tanto das ciências duras quanto das ciências humanas, concordam igualmente com a noção de que há apenas uma natureza e muitas culturas, Viveiros de Castro quer levar o pensamento amazônico [...] a tentar ver como o mundo inteiro seria se todos os seus habitantes tivessem a mesma cultura e muitas naturezas diferentes (Latour, 2009, p. 2; cf. Descola; Viveiros de Castro, 2009).

De acordo com Latour, essa é a essência da concepção de EVC sobre a “luta ameríndia contra a filosofia ocidental”, encabeçada pelos conceitos de perspectivismo e multinaturalismo, que ele acusa Descola de tentar reduzir a “apenas mais uma curiosidade no vasto gabinete de curiosidades que ele [Descola] está tentando construir” (Latour, 2009, p. 2).

“Levar o pensamento amazônico” para proposições patentemente estranhas a ele (os povos amazônicos estão profundamente conscientes e interessados nas diferenças entre suas próprias culturas, sem falar nas dos povos não indígenas com os quais entraram em contato, e seriam os primeiros a considerar absurda a ideia de um mundo monocultural) pode ser um exercício especulativo fascinante para intelectuais não indígenas, mas deixou a antropologia para trás para ocupar um lugar próprio como “curiosidade no vasto gabinete de curiosidades” da filosofia perspectivista.

11 O CORPO COMO A “ORIGEM DAS PERSPECTIVAS”: MAS QUAL(QUAIS) CORPO(S)?

Essas dificuldades, pelo menos, têm o mérito de chamar a atenção para a centralidade da ideia do corpo como a “origem das perspectivas”. Essa ideia da relação entre corporalidade e perspectivas, na verdade, contém várias questões de importância crítica para a antropologia das culturas amazônicas.

A primeira é exatamente o que se entende por “corpo”: o corpo físico, com certeza, mas há também um corpo social, o que, novamente, é outra coisa. O corpo físico em si é uma entidade complexa que não é, em nenhum momento de sua existência, uma entidade individual. Ele se origina como uma união entre dois corpos físicos de sexos opostos, nasce como um ser sem cultura, mais animal do que humano, adquire personalidade cultural, depois morre e se transforma em um espírito que se torna novamente um ser animalesco que aterroriza seus parentes sobreviventes ao tentar matá-los para que possam se juntar a ele no mundo espiritual (essa é, de qualquer forma, a ideia Kayapó). Em suma, o corpo, mesmo como entidade física, não é um objeto abstrato com uma

perspectiva fixa, culturalmente humana, mas um processo que compreende uma série de transformações, cada uma das quais implica uma transformação de perspectivas, nem todas culturais: pelo menos na visão Kayapó, começamos e terminamos como animais.

Contudo, conforme observado, há também um corpo social. Essa é uma entidade polimorfa e andrógina, definida como uma conjunção de relações entre todos os tipos sociais relevantes de identidades corporais construídas com valores contrastantes em dimensões compartilhadas, como gênero e idade social, que formulam a significação de cada tipo de corpo por meio de suas relações contrastantes com os outros tipos que fazem parte do mesmo sistema (por exemplo, jovem solteiro, mulher casada, homem e/ou mulher idoso). As identidades relacionalmente definidas da corporalidade social definem as relações perspectivísticas de cada pessoa corporificada com outras identidades corporais que fazem parte do mesmo sistema. É esse sistema de valores contrastivos como um todo, compreendendo cada estágio socialmente marcado do desenvolvimento corporal de ambos os gêneros, desde antes do nascimento até depois da morte, que constitui a forma relacional externa do corpo social (Turner, 1995).

No entanto, há também uma composição interna do corpo social, constituído pelos sentidos, poderes e processos corporais que, juntos, compreendem o conteúdo socialmente relevante das categorias de gênero e geração da forma corporal relacionadas externamente. Em algumas sociedades amazônicas, diferentes sentidos, por exemplo, são considerados não apenas como de importância variável, mas também como canais de diferentes modos de conhecimento. Como observou Santos Granero, os Kayapó associam a audição (/–*mari*/) ao conhecimento, mas é um tipo específico de conhecimento, a compreensão passiva, em contraste com o conhecimento ativo de como fazer as coisas, que está mais associado à visão (/–*omun*/) (Santos Granero, 2006, p. 72; Turner, 1980; 1995). A vocalização (fala e canto), embora não seja uma faculdade sensorial, está associada ao sistema de sentidos e modos de conhecimento, já que a fala é o canal do conhecimento que deve ser internalizado por meio do canal auditivo. O olfato não é muito enfatizado pelos Kayapó, mas, conforme relata Santos Granero, é uma fonte de conhecimento culturalmente enfatizada entre os Yanésa, que, no entanto, consideram a audição o sentido mais importante, seguido pela visão, com o olfato em terceiro lugar. C. Crocker relata que, entre os Bororo, o olfato é a faculdade pela qual se percebe a presença de uma classe de espíritos, os Bope, e a presença dos mortos e dos espíritos gigantes da água que participam dos rituais mortuários e de iniciação (Santos Granero, 2006, p. 72, 73, 77; Crocker, 1985). O ponto para os propósitos atuais é que, para os Kayapó e muitos outros povos amazônicos, esses modos sensoriais diferenciados de conhecimento também são integralmente identificados com categorias e aspectos distintos da identidade social que são culturalmente marcados por formas específicas de adorno corporal (protetores de ouvido, protetores labiais,

pintura corporal em diferentes estilos relacionados à idade e ao gênero etc.) (Turner, 1980; 1995). O mesmo pode ser dito sobre os estágios de crescimento físico, o desenvolvimento da sexualidade e dos poderes reprodutivos e, para um homem, se ele adquiriu ou não poder ao matar um inimigo.

Tomados em conjunto, todos esses poderes corporais internos, formas sensoriais de conhecimento e estágios de crescimento, culturalmente marcados por modificações na superfície do corpo, constituem coletivamente um modelo ou filtro para a canalização, regulação e supressão seletiva de poderes corporais internos, energias, capacidades sensoriais e modos de conhecimento, bem como o conteúdo das categorias relacionais externas, identidades e perspectivas que chamei de corpo social (Turner, 1980, 1995). É esse sistema de articulações externas e internas do corpo social, conforme articulado pela decoração culturalmente estilizada da forma da superfície do corpo (pele, penteado, itens de vestuário e adorno) que, nas sociedades indígenas amazônicas, molda e define o significado social do corpo físico para seu ambiente social e natural. É essa entidade complexa, composta pelo corpo fisiológico mediado pelo corpo social, então, que é “a origem das perspectivas”. Em vez de identificar esse ponto de origem com o corpo físico em oposição à identidade social e à subjetividade cultural da pessoa, o que parece ser o ponto de vista de EVC, em suma, eu argumentaria o contrário, ou seja, que o corpo físico e social sintético é a origem das perspectivas precisamente porque ele é a identidade subjetiva formal (culturalmente definida) da pessoa.

Uma segunda questão importante já foi mencionada de passagem, que é a natureza mutável das perspectivas consideradas como momentos de processos sociais e naturais transformacionais (como diferentes de seu caráter ideal abstrato como atributos de classificação semiótica ou cultural). EVC parece conceber as perspectivas como aspectos fixos das identidades das espécies, que são essencialmente como significados sincrônicos em campos de significação saussureanos abstraídos do discurso, dos usos e processos sociais. Para o perspectivismo, a classe como uma identidade ideal torna-se, portanto, a posição do sujeito que funciona como a verdadeira “origem das perspectivas” (como já observei acima, isso parece estranho para a alegação de EVC de que a identidade subjetiva dos animais como humanos não está conectada com seus corpos, que supostamente são a origem de todas as perspectivas). Assim, para os perspectivistas, há apenas uma perspectiva fixa por classe de espécie, ou mesmo por superclasse de espécies (por exemplo, todas as espécies de animais, que coletivamente têm as identidades e, portanto, as perspectivas dos humanos, mesmo que apenas sobre si mesmas). Contra isso, eu argumentaria que as perspectivas, enraizadas como estão no corpo social e físico sintético, estão, por essa razão, também integralmente conectadas com as relações sociais desse corpo com outros corpos sociais e físicos (culturais e naturais). Essas entidades e relações compostas passam por processos de desenvolvimento e, portanto, sofrem transformações regulares em vários níveis. Para os indivíduos, há as

transformações de desenvolvimento da idade e do status social que compreendem o ciclo de vida. Essas, por sua vez, estão ligadas às transformações das relações familiares e das identidades de papéis que constituem os ciclos de desenvolvimento da família e do grupo doméstico, que produzem transformações *sui generis* das perspectivas subjetivas dos membros dessas unidades sociais.

Essas transformações permanecem dentro da classe genérica de relações e perspectivas sociais humanas em contraste com as naturais (animais, vegetais, etc.). Assim, pode-se falar de hierarquias de perspectivas, que compreendem a perspectiva geral comum dos membros da classe à medida que passam por transformações sucessivas de suas identidades de espécie – ou de classe. Eu me referi a transformações padronizadas coletivamente, como as que constituem os padrões normativos do ciclo de vida ou do ciclo familiar, mas, como Rosengren e Pedersen enfatizaram, há identidades e perspectivas individuais idiossincráticas que também passam por transformações abaixo do nível de qualquer padrão social coletivo. Esses podem coexistir com padrões institucionais coletivos, conforme descrevi, ou não, como nos casos discutidos por Rosengren (Pedersen, 2007; Rosengren, 2009).

Algumas transformações podem produzir mudanças nas identidades subjetivas ou espirituais genéricas, humanas ou animais, de um indivíduo. Para os Kayapó, como observei acima, o ciclo da vida humana não termina com a morte, mas continua por meio de um período transformador de separação do espírito do corpo em decomposição, após o qual o espírito desencarnado perde sua identidade humana e se “transforma em um animal”, na linguagem metafórica dos Kayapó em seu lamento pelos mortos. Nesse ponto, portanto, a própria identidade básica da espécie e a perspectiva humana que a acompanha são perdidas e o espírito fantasmagórico assume a perspectiva e a identidade de um animal. Deve-se enfatizar que essas inversões e transformações perspectivísticas não são o resultado de “predação” ou do “cogito canibal”, conforme apresentado pela teoria perspectivista para explicar instâncias ambíguas da justaposição de aspectos ou elementos contraditórios, como Wright apontou em um contexto análogo (Wright, 2009, p. 151-152).

12 FORMA E CONTEÚDO, CORPO E “PELE SOCIAL”, ESQUEMA E ESPÍRITO

A terceira questão importante associada à corporalidade é a complexa questão da relação da forma corporal externa com a identidade subjetiva interna, uma preocupação comum das cosmologias amazônicas e dos conceitos de subjetividade. Pode-se argumentar (e foi argumentado assim por EVC) que, para muitos povos amazônicos, o corpo fisiológico é considerado um mero “envelope” do espírito ou da consciência subjetiva: a forma física externa, em outras palavras, não determina o conteúdo subjetivo interno. No entanto, ao falar da forma corporal e sua relação com

a identidade subjetiva, o espírito ou a perspectiva, é essencial distinguir entre a forma do corpo físico como uma propriedade da espécie e a metaforma do corpo social construída por adornos e modificações como penteados, pinturas e roupas que, juntos, constituem o que chamei de “pele social” (Turner, 1980).

Como um ponto etnográfico geral, a prática universal das culturas amazônicas de alterar a forma externa do corpo por meio de mudanças no adorno, pintura, penteado, vestimenta e escarificação, para marcar e ajudar a provocar transformações na identidade social e na perspectiva subjetiva das pessoas, é inconsistente com as afirmações de que os povos ameríndios da Amazônia consideram a forma corporal modificada por essa “pele social” meramente como um “envelope” externo sem relação com o conteúdo material e espiritual interno da identidade subjetiva e/ou da personalidade. O ponto crítico é que o adorno deliberado da superfície do corpo é, para os amazônicos, um meio de definir e regular a identidade e as relações sociais da pessoa. A importância dessa prática decorre da ideia de que a subjetividade ou o espírito é, em um grau importante, o produto das relações sociais de uma pessoa. Mais precisamente, é o produto de uma interação entre os poderes e sentidos internos do corpo, e os modos de conhecimento e capacidades de crescimento e atividade que eles possibilitam, e o mundo externo das relações e atividades sociais. A forma natural do corpo sem adornos é uma *tabula rasa* na qual ocorre o intercâmbio entre o conteúdo interno dos poderes e sentidos corporais e o mundo social externo que é mediado pela metassuperfície da “pele social”. Nesse sentido, o corpo físico considerado como forma de superfície poderia ser chamado de “envelope” que não determina o caráter interno do espírito ou do sujeito, enquanto as formas culturais de decoração corporal assumem o papel de impor uma forma perspectivística definida tanto à identidade subjetiva interna quanto aos objetos externos de interação da pessoa incorporada.

13 ANIMISMO COMO PERSPECTIVA ESPIRITUAL NATURAL UNIVERSAL

Muitos, se não todos os sistemas cosmológicos amazônicos, baseiam-se no princípio de que as formas das coisas contêm imanentemente a agência ou o poder de produzir a si mesmas, por meio da transformação de seus próprios conteúdos. Em outras palavras, as formas das coisas são, na verdade, processos de formação incorporados, ou a capacidade potencial e os modelos para eles. Elas contêm a agência ou força que impele o conteúdo das coisas a assumir as características específicas e os padrões de comportamento próprios de sua espécie ou tipo. Essa proposição se aplica, em princípio, ao cosmos como um todo e a todas as suas unidades constituintes, incluindo os seres humanos e seus grupos sociais, animais e plantas, espíritos dos mortos e seres não vivos,

como corpos celestes como o sol e a lua. Na prática, ela se aplica principalmente aos seres humanos e aos animais superiores, pássaros e peixes, mas, em princípio, também se aplica às formas dos animais inferiores, plantas e principais corpos celestes. Intuitivamente, é mais diretamente aplicável a seres que passam por processos de desenvolvimento e, portanto, participam mais obviamente da qualidade dinâmica da formação.

As formas das coisas, nessa visão, são os padrões orientadores da atividade proposital que fazem com que seu conteúdo físico objetivo assuma a forma em questão. Nesse sentido, elas incorporam a força espiritual ou a agência subjetiva da entidade, aquilo que a faz ser o que é. No caso de seres animados, suas formas objetivas são, portanto, concebidas como produtos ou manifestações de um poder subjetivo de ação intencional. Um exemplo disso é o termo Kayapo */karon/* que é usado igualmente para significar “imagem”, “forma”, “sombra” ou o “espírito”, alma ou fantasma de uma pessoa ou outra entidade. Embora os seres humanos sejam considerados os seres possuidores de espírito (*/karon/*) por excelência, acredita-se que mamíferos, pássaros, peixes e muitas árvores, trepadeiras e outras plantas também possuam formas-espirituais e poderes subjetivos associados.

Aqui retomamos a noção básica por trás do “animismo” comum à maioria, se não a todos os povos indígenas da Amazônia (Bird-David, 1999; Descola, 1996, 2005). Em outras palavras, o animismo está fundamentado na ideia de que o espírito é essencialmente o princípio orientador, a força animadora e o objetivo intencional do processo corporal pelo qual é produzido. A síntese da forma (ou espírito) e do conteúdo (ou corpo) que constitui uma entidade natural – um ser vivo ou uma entidade natural inanimada como o cosmo ou os corpos celestes –, segundo essa visão, só pode ser criada e mantida pelo exercício da agência ou poder imanente na forma em questão. O espírito da entidade é a forma considerada como uma imagem ou padrão que precisa de conteúdo material para existir. É essa necessidade que se torna a força que mantém unidos a forma e o conteúdo da entidade. Essa unidade é variável em força, instável e suscetível à ruptura e à eventual dissolução, à medida que o sujeito perde sua energia e poder. Essa dissolução pode ser temporária, como em uma doença ou choque induzido por um susto extremo, ou permanente, como na morte da pessoa ou do organismo. A força espiritual ou o aspecto formativo da entidade pode, portanto, sob condições extremas, separar-se do conteúdo corporal ou material de sua forma, mas nem o espírito nem o corpo podem existir independentemente por muito tempo sem o outro. A morte traz a separação permanente da forma-espírito do conteúdo-corpo e, assim, dissolve a síntese de forma e conteúdo que é a base da existência objetiva do organismo. A cisão da unidade sintética do espírito e do corpo resulta na decomposição adicional e no desaparecimento final de suas partes separadas. O */karon/* ou forma-espírito continua a viver após a morte do corpo como um fantasma, mas gradualmente perde seu caráter humano, tornando-se

um ser animalesco na floresta e, por fim, dissolvendo-se completamente. O conteúdo material (/in/, carne ou corpo) passa por um processo de transformação paralelo, de corpo vivo para massa de carne morta (/tuk/, “preto”, “morto” ou “em transformação”) em decomposição, terminando como um amontoado desarticulado de ossos brancos.

14 CORPORALIDADE, ESPÍRITO E A DIMENSÃO HUMANA DO ANIMISMO

Os Kayapó pensam em seus próprios corpos como combinações híbridas de qualidades animais naturais de forma e conteúdo, complementadas por atributos formais adquiridos de identidade social. As primeiras são exemplificadas por processos físicos internos localizados principalmente no tronco central do corpo, como crescimento, digestão, sexualidade e reprodução. Essas energias e poderes naturais são transformados e direcionados para atividades socialmente padronizadas de vários tipos que estão associadas a transformações da forma corporal, incluindo os processos naturais de crescimento, envelhecimento e puberdade, e as modificações culturais da superfície do corpo, como pintura, penteados e uso de ornamentos. Essas modificações da forma da superfície servem como um filtro bidirecional que dá um significado social específico às relações entre a pessoa corporificada e as entidades externas com as quais ela interage.

A “natureza”, em outras palavras, é um componente integral dos corpos sociais humanos e, portanto, das pessoas sociais. As forças naturais e os aspectos do ente (coisas que existem por si mesmas independentemente da atividade social humana) constituem, portanto, componentes essenciais dos locais centrais do espaço-tempo social e da “cultura”, bem como das zonas naturais periféricas da floresta e da savana. A estrutura da sociedade humana, em suma, assim como os seres humanos como pessoas individuais corporificadas, incorpora formas “naturais” fundamentais de espaço-tempo, agência e poderes, incluindo aqueles inerentes ao conteúdo animal da corporalidade e da reprodutividade humanas. Além disso, os seres humanos passam por transformações de e para formas animais de ser e identidade no decorrer de seus ciclos de vida e morte: fetos no útero e bebês recém-nascidos são considerados seres semelhantes a animais com afinidades e vulnerabilidades especiais a influências de animais e fantasmas. Da mesma forma, considera-se que esses últimos perdem suas identidades como humanos e terminam sua existência como formas animais (eles são tratados como se tivessem se transformado em animais em cantos e lamentos mortuários). A cultura humana é, portanto, concebida mais como uma transformação incremental desses elementos naturais, uma “supernatureza”, por assim dizer, do que uma ordem de existência qualitativamente distinta contrastada com a “natureza” em um contraste binário mutuamente exclusivo com um meio excluído. A essência desse incremento cultural é a aplicação de processos naturais

de transformação (como o fogo) a si mesmos (como no uso do fogo para fazer fogo), generalizando e replicando assim o que na natureza permanece como processos relativamente isolados.

Como seres com formas específicas e identidades espirituais compartilhadas com os outros membros de sua espécie, os seres humanos e os animais estão igualmente ocupados com os processos de crescimento, envelhecimento e morte, que dão forma e são dirigidos pelo espírito, produzindo e reproduzindo, objetivando e desobjetivando a si mesmos. As formas e os conteúdos genéricos desses processos consistem em atividades funcionais (ou seja, caçar, buscar alimentos, comer, beber, encontrar abrigo, acasalar e reproduzir) que são essencialmente idênticas para todos os seres espirituais corporificados, independentemente das diferenças específicas em suas formas e conteúdos. Seres de espécies diferentes podem, portanto, identificar suas atividades concretamente diferentes com base em sua equivalência funcional a partir da perspectiva de seu engajamento comum na sustentação de seus corpos e formas espirituais. As plantas também se envolvem em processos análogos, mas em muitos casos amazônicos elas não são concebidas como organismos individuais, e sim como instâncias de entidades coletivas que corporificam o espírito de suas espécies.

Um tamanduá que almoça um formigueiro e um humano que almoça um sanduíche podem, portanto, considerar-se envolvidos na mesma atividade funcional, o almoço. O ser humano pode expressar esse senso de equivalência metaforicamente dizendo que o tamanduá está comendo seu sanduíche, e o tamanduá pode expressar a mesma percepção pensando que o ser humano está lambendo suas formigas. Em termos de sua perspectiva compartilhada como entidades orientadas pela forma e sustentadoras de conteúdo, não há base para privilegiar a maneira do ser humano em detrimento da maneira do tamanduá de expressar a identidade funcional de suas atividades.

De forma semelhante, os Kayapó consideram que as outras espécies têm suas próprias formas de artefatos ou atividades humanas, como casas, canções e cerimônias, e até mesmo, para alguns propósitos (como a comunicação xamânica), a linguagem, embora reconheçam claramente que as formas reais adotadas por essas atividades são muito diferentes de seus equivalentes humanos. A crença em uma identidade genérica de espírito e a consequente equivalência de atividades funcionalmente idênticas não implica que os seres humanos ou os animais não façam distinções entre as diferenças específicas entre as formas de espíritos ou atividades animais e humanas, ou que imaginem que os animais se identificam como seres humanos “por baixo da pele”. Isso significa, no entanto, que todos os seres vivos e alguns não vivos estão envolvidos em processos de formação, sustentação e, por fim, perda de suas unidades sintéticas de forma e conteúdo. A orientação intencional, as formas de consciência e a força energética que conduzem esses processos constituem o que nós, e os povos indígenas da Amazônia, chamamos de seus espíritos.

15 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estruturalismo como uma busca teórica e etnográfica passou por estágios sucessivos de construção, expansão e dissolução. Assim como seu objeto de estudo, os mitos, os sistemas de parentesco, os corpos e as pessoas das sociedades indígenas da Amazônia e, de forma mais ampla, das Américas, ele pode ser visto como tendo se desenvolvido por meio de uma série de transformações, cada uma delas oferecendo perspectivas distintas, mas todas restritas às limitações invariantes de suas próprias deficiências teóricas. A principal delas foi a incapacidade de compreender a aplicação adequada do conceito homônimo, estrutura, aos seus próprios dados de pesquisa e, portanto, de realizar seu potencial como projeto antropológico. Seus fracassos, no entanto, foram instrutivos. Como uma estrela gigante que queimou suas fontes internas de energia, em sua implosão terminal, ela tem emitido chamas deslumbrantes ricas em material para novos sistemas planetários. Esses novos sistemas, os movimentos sucessores dissidentes que ele inspirou, sobretudo o perspectivismo e o novo trabalho sobre animismo, levantaram novas questões importantes para o campo e estimularam novas discussões, das quais o presente artigo é apenas um dos muitos exemplos.

No início do artigo, sugeri que o problema básico do estruturalismo era que ele partia da ideia certa, mas a aplicava ao nível errado dos dados. Minhas críticas ao perspectivismo e, em menor grau, ao animismo, em vários casos, assumiram a forma de sugestões de como a noção estruturalista original de estrutura (o grupo de transformações restringidas por princípios invariantes de conservação) poderia ser aplicada aos dados em questão de forma a fortalecer as formulações teóricas do perspectivismo e/ou do animismo. No caso do corpo e de seu avatar, o sujeito, por exemplo, argumentei que a noção perspectivista do corpo como a origem das perspectivas, em que tanto o corpo quanto sua perspectiva associada são concebidos como entidades singulares e imutáveis, deveria ser substituída por uma concepção de ambos os corpos e perspectivas entendidos como sequências de múltiplas transformações (constituindo, assim, potencialmente, grupos de transformações limitadas por um ou mais princípios de conservação, conforme exigido pelo modelo estruturalista). Além disso, sugeri, como uma qualificação de diferentes aspectos das ideias perspectivistas e animistas, que as perspectivas e as condições corporais em questão se transformam de “naturais” (a condição de embriões e bebês) para “culturais” e, por fim, de volta para “naturais” com o início da dissolução da forma humana no envelhecimento, na morte e na existência fantasmagórica pós-morte. Ampliando meu diálogo com o animismo, insisti que conceber o corpo em termos estruturalistas apropriados como uma série de transformações abre uma perspectiva sobre a corporeidade como um processo de interação entre o corpo físico, o corpo social e a pessoa, estimulado e orientado por relações com outros atores corporificados, filtrado e regulado por

tratamentos formais de suas superfícies corporais (“peles sociais”). Esse processo de produção da perspectiva subjetiva e da forma corporal objetivada, com base no conteúdo corporal natural dos sentidos e poderes, passa por uma série de estágios, mas, por fim, entra em um estágio terminal de desobjetificação, à medida que o conteúdo natural dos poderes corporais se enfraquece a ponto de não conseguir sustentar sua integração dentro da estrutura da identidade pessoal e da forma social. A dissolução da forma e do conteúdo continua com a dissolução física da morte e a desintegração separada do espírito e do corpo.

Para os Kayapó e outros povos indígenas da Amazônia com os quais tenho certa familiaridade, esse processo dialético de produção e dissolução, objetivação e desobjetivação, a incorporação e a desincorporação final da intenção e da identidade subjetivas, manifestadas e articuladas por meio da integração e da desintegração da forma e do conteúdo, é a essência da existência material e espiritual dos seres animados e inanimados que constituem seu mundo de vida. Ela não é, de forma alguma, exclusiva dos seres humanos culturais, mas é, ao contrário, comum a todas as entidades naturais. Ela pode ser entendida como uma perspectiva amplamente “animista”, mas não dá justificativa para o viés antropocêntrico de algumas discussões animistas sobre o “espírito” como um atributo essencialmente humano. Esse também é um ponto importante para o perspectivismo: a mera posse de um espírito ou subjetividade não indica, por si só, que um animal ou planta se identifica como humano (como aconteceria se o espírito e a subjetividade fossem qualidades intrinsecamente humanas). É verdade que algumas culturas amazônicas, embora certamente não todas, consideram que pelo menos alguns animais se identificam subjetivamente como humanos em alguns aspectos, mas isso não deve ser entendido como decorrente necessariamente da posse de seus próprios espíritos. Há muitos casos de crenças de que os animais e as plantas (ou seus espíritos-espécie coletivos, os “mestres” da caça ou das espécies de plantas etc.) possuem espíritos que não devem nada aos contatos ou à cultura humana.

Argumentei que uma maior atenção à estrutura detalhada das concepções indígenas, tanto dos seres naturais quanto das pessoas humanas incorporadas, é essencial para evitar as distorções inerentes às tentativas de tratar todas as culturas amazônicas (ou mesmo todas as ameríndias) como um sistema filosófico único e homogêneo. Desconsiderar a importância de formulações divergentes ou até mesmo contraditórias dos mesmos pontos por parte de sociedades de diferentes tipos impede o método antropológico mais útil para entender a base social e cultural dos acordos que existem.

A crítica às teorias estruturalistas, animistas e perspectivistas que apresentei neste artigo serviu de contexto para reformular o conceito de estrutura como uma série ou grupo de transformações internas ao processo de desenvolvimento de entidades, desde símbolos ou tropos individuais

até corpos e identidades espirituais. Tentei mostrar que essa forma de conceber a estrutura pode servir para integrar os conceitos marxianos de práxis produtiva, bem como as abordagens interpretativas e semióticas com as valiosas contribuições do estruturalismo lévi-straussiano e seus epígonos mais recentes. Mais importante ainda, procurei sugerir como o amálgama teórico híbrido e pós-pós-estruturalista que esbocei pode contribuir para a compreensão de algumas das características das culturas amazônicas que foram trazidas à luz por meio do trabalho etnográfico e teórico tão poderosamente estimulado pelos debates do Estruturalismo Tardio.

16 REFERÊNCIAS

ALTHUSSER, Louis. Lenin and philosophy. In: ALTHUSSER, Louis. *Lenin and philosophy and other essays*. Tradução de Ben Brewster. New York: Monthly Review Press, 1971. p. 23-70.

BIRD-DAVID, Nurit. Animism revisited: personhood, environment, and relational epistemology. *Current Anthropology*, Chicago, v. 40, n. S1, p. S67-S91, Feb. 1999.

CROCKER, Jon Christopher. *Vital souls: Bororo cosmology, natural symbolism, and shamanism*. Tucson: The University of Arizona Press, 1985.

DERRIDA, Jacques. *De la grammatologie*. Paris: Minuit, 1967.

DERRIDA, Jacques. *Of grammatology*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1976.

DESCOLA, Philippe. *In the society of nature: a native ecology in Amazonia*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

DESCOLA, Philippe. Constructing natures: symbolic ecology and social practice. In: DESCOLA, Philippe; PÁLSSON, Gísli (org.). *Nature and society: anthropological perspectives*. London; New York: Routledge, 1996. p. 82-102.

DESCOLA, Philippe. *Par-delà nature et culture*. Paris: Gallimard, 2005.

DESCOLA, Philippe; VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. *Perspectivism and animism: debate between Philippe Descola and Eduardo Viveiros de Castro*. Paris: Maison Suger; Institute of Advanced Studies, 2009.

LATOUR, Bruno. Perspectivism: “type” or “bomb”? *Anthropology Today*, London, v. 25, n. 2, p. 1-2, Apr. 2009.

LATOUR, Bruno. Perspectivismo: “tipo” ou “bomba”? Tradução de Larissa Barcellos. *Primeiros Estudos*, São Paulo, n. 1, p. 173-178, 2011. Disponível em: <https://revistas.usp.br/primeirosestudos/article/view/45938>. Acesso em: 14 jan. 2025.

LÉVI-STRAUSS, Claude. Les mathématiques de l'homme. *Bulletin International des Sciences Sociales*, Paris, v. 6, n. 4, p. 643-653, 1955.

LÉVI-STRAUSS, Claude. *La pensée sauvage*. Paris: Plon, 1962.

LÉVI-STRAUSS, Claude. *Le cru et le cuit*. Paris: Plon, 1964.

LÉVI-STRAUSS, Claude. *The savage mind*. Tradução de J. Weightman e D. Weightman. New York: Harper, 1966.

LÉVI-STRAUSS, Claude. *The elementary structures of kinship*. Tradução de J. H. Bell, J. R. von Sturmer e Rodney Needham. Boston: Beacon Press, 1969.

LÉVI-STRAUSS, Claude. *The raw and the cooked*. Tradução de J. Weightman e D. Weightman. New York: Harper, 1969.

PEDERSEN, Morten Axel. Multiplicity without myth: theorizing Darhad perspectivism. *Inner Asia*, Cambridge, v. 9, n. 2, p. 311-328, 2007.

SANTOS-GRANERO, Fernando. Sensual vitalities: noncorporeal modes of sensing and knowing in Native Amazonia. *Tipiti: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America*, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 57-80, 2009.

TURNER, Terrence. The social skin. In: CHERFAS, Jeremy; LEWIN, Roger (org.). *Not work alone: a cross-cultural view of activities superfluous to survival*. London: Temple Smith, 1980. p. 111-140.

TURNER, Terrence. Animal symbolism, totemism, and the structure of myth. In: URTON, Gary (org.). *Natural mythologies: animal symbols and metaphors in South America*. Salt Lake City: University of Utah Press, 1985. p. 49-106.

TURNER, Terrence. Structure and entropy: theoretical pastiche and the contradictions of 'structuralism'. *Current Anthropology*, Chicago, v. 31, n. 5, p. 563-568, Dec. 1990.

TURNER, Terrence. We are parrots, twins are birds: play of tropes as operational structure. In: FERNANDEZ, James W. (org.). *Beyond metaphor: the theory of tropes in anthropology*. Stanford: Stanford University Press, 1991. p. 121-158.

TURNER, Terrence. Social body and embodied subject: the production of bodies, actors and society among the Kayapo. *Cultural Anthropology*, Arlington, v. 10, n. 2, p. 143-170, May 1995.

TURNER, Terrence. Valuables, value and commodities among the Kayapo of Central Brazil. In: SANTOS-GRANERO, Fernando (org.). *The occult life of things: Native Amazonian theories of materiality and personhood*. Tucson: University of Arizona Press, 2009a. p. 152-169.

TURNER, Terrence. Uma antropologia engajada: entrevista com Terence Turner. Entrevistadores: J. M. da Silva e G. L. Ribeiro. *Campos*, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 139-157, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/cam.v9i2.15868>. Acesso em: 15 jan. 2025.

VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. Cosmological deixis and Amerindian perspectivism. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, London, v. 4, n. 3, p. 469-488, Sept. 1998.



VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. *A inconstância da alma selvagem*: e outros ensaios de antropologia. São Paulo: Cosac Naify, 2002a.

VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. Imagens da natureza e da sociedade. In: VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. *A inconstância da alma selvagem*: e outros ensaios de antropologia. São Paulo: Cosac Naify, 2002b. p. 317-344.

VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. Perspectivismo e multinacionalismo na América indígena. In: VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. *A inconstância da alma selvagem*: e outros ensaios de antropologia. São Paulo: Cosac Naify, 2002c. p. 345-400.

VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. Exchanging perspectives: the transformation of objects into subjects in Amerindian ontologies. *Common Knowledge*, Durham, v. 10, n. 3, p. 463-484, Fall 2004.

WILBERT, Johannes (org.). *Folk literature of the Gê Indians*. Los Angeles: University of California Press, 1978. v. 1.

WRIGHT, Robin. The fruit of knowledge and the bodies of the gods: religious meanings of plants among the Baniwa. *Journal for the Study of Religion, Nature and Culture*, London, v. 3, n. 1, p. 126-153, 2009.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Introdução ou Considerações iniciais:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Referencial teórico:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Metodologia:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Análise de dados:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Discussão dos resultados:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Conclusão ou Considerações finais:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Referências:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Revisão do manuscrito:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor); **Aprovação da versão final publicada:** Terence Turner (autor); Lucas de Jesus Santos (tradutor).

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 1 de outubro de 2025.

Aprovado: 27 de novembro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

TURNER, Terence. A crise do estruturalismo tardio: perspectivismo e animismo, repensando cultura, natureza, espírito e corporeidade. Tradução de Lucas de Jesus Santos. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 204-222, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Artigo convidado (Invited submission).

AVALIADORES

Artigo revisado pelos editores da revista (editorially reviewed)



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Goiás

-tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do ifg



editora ifg

editora@ifg.edu.br
editora.ifg.edu.br