tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

v. 8 n. 1
jan./jun. | 2023
ISSN: 2526–2130

editora ifg



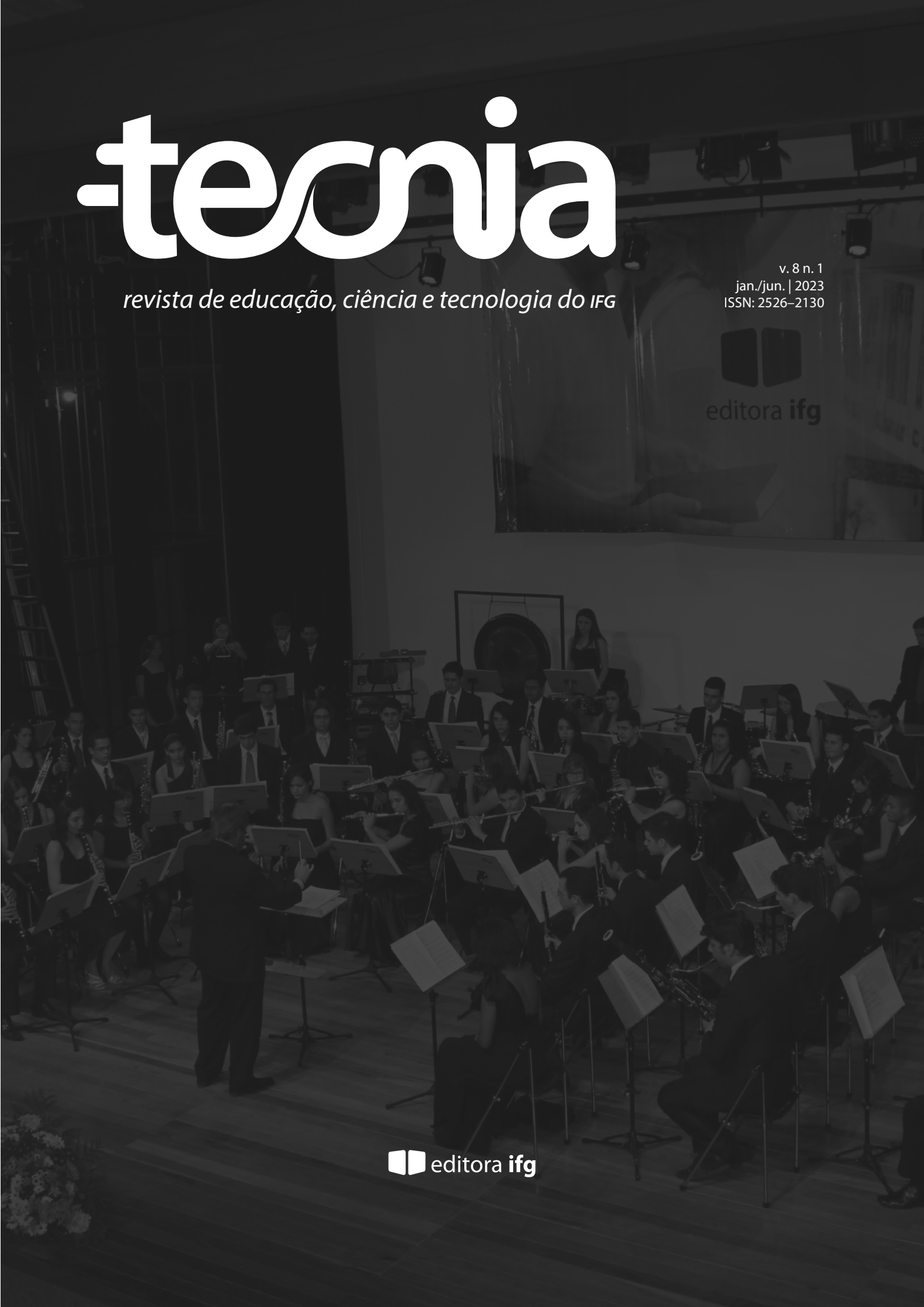
editora ifg

tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

v. 8 n. 1
jan./jun. | 2023
ISSN: 2526–2130

editora ifg



editora ifg

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
Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Editora-Chefe da Tecnia
Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Editores de Seção
Alessandro S. de Oliveira
Danielly Bandeira Lopes
Darlene Ana de Paula Vieira
Gustavo Louis Henrique Pinto
Lidiaine Maria dos Santos
Meire Lisboa Santos Gonçalves
Maria Aparecida Rodrigues de Souza
Maria de Jesus Gomides
Rita Rodrigues de Souza

Editor-Assistente
Kepler Benchimol Ferreira

Projeto Gráfico e Diagramação e Capa
Pedro Henrique Pereira de Carvalho

Normalização
Kepler Benchimol Ferreira

Revisão de Língua Estrangeira
Angelita Duarte da Silva (inglês)
Rita Rodrigues de Souza (espanhol)

Imagens da Capa
Imagem da Apresentação da Banda Sinfônica Nilo Peçanha durante o evento de lançamento da Editora IFG, no dia 24 de junho de 2012 no Teatro IFG em Goiânia. Esta é uma capa comemorativa em razão dos 10 anos de existência da Editora IFG. Acervo da Editora IFG, 2012.

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

ANGELITA DUARTE DA SILVA (IFG)

CARLOS RINALDI (UFMT)

DARLENE ANA DE PAULA VIEIRA (IFG)

DIVINO GABRIEL LIMA PINHEIRO (IFG)

FÁBIO TEIXEIRA KUHN (IFG)

GUILHERME DE PAULA LISBOA (IFG)

LEONARDO CASTRO (IFG)

LUCAS JOSÉ OLIVEIRA GOMES DOS SANTOS (IFG)

MARCUS VINÍCIUS ARAÚJO DA SILVA MENDES (IFG)

MARIA APARECIDA RODRIGUES DE SOUZA (IFG)

MAURÍCIO REBELO MARTINS (UFPB)

OTÁVIA FEIO CASTRO (UFPA)

PAULO ROBERTO DE ANDRADE LOPES (UFRA)

RAISSA FARIA DE ARAÚJO (IFG)

RICARDO APARECIDO SANTOS (COTEC)

ROSIRIS PEREIRA DE SOUZA (UFG)

SAMARA ERNANDES ADAMCZUK (UTFPR)

WEYSLLER MATUZINHOS DE MOURA (FTSENAI)

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

Sumário

Editorial 5

1 Los mercados verdes: pretexto para la educación ambiental comunitaria en Colombia 8

2 A infância no pensamento pedagógico de Rousseau 31

3 A experimentação no ensino das Ciências da Natureza frente aos desafios da educação contemporânea 57

4 Educação a distância com suporte através de robô de conversação e linguagem natural 72

5 O espaço e as relações sociais no conto "Os fuxicos da fonte do Taquari", de Bernardo Élis 87

6 Ethanolic extract of *Geastrum saccatum* (Basidiomycota: Geastraceae) has inhibitory power in the development of strains of *Candida* spp.? 103

7 Competição de cultivares de alface solta crespa na hidroponia em Jataí-GO 122

8 Implantação de uma rede de apoio planialtimétrica no Campus UERJ-Maracanã em conformidade com as NBR 13133/21 134

9 Efeito da sílica ativa e da nanossílica em materiais cimentícios - uma revisão da literatura para futuras pesquisas 161

10 O uso da intermodalidade como vantagem competitiva no escoamento da soja em Goiás: uma abordagem comparativa de custos logísticos em diferentes ambientes computacionais 187

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

Editorial

Em 2023, a Editora do Instituto Federal de Goiás celebra uma década de existência. Com esta edição da *Tecnia,* prestamos nossa homenagem à Editora IFG, compondo a capa com a fotografia histórica do dia do lançamento da Editora, ocorrido em 2013. Neste número, os leitores encontrarão quatro seções, em que são apresentados dez artigos organizados de acordo com as seguintes áreas do conhecimento: Educação e Ensino, Ciências Humanas e Sociais, Letras e Artes, Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde, e Ciências Exatas e da Terra.

A primeira seção é composta por quatro artigos da área de Educação e Ensino. O artigo "Los mercados verdes: pretexto para la educação ambiental comunitaria en Colombia" inicia este número, convidando os(as) leitores(as) a explorar as vantagens dos mercados verdes como ferramentas eficazes para aumentar a conscientização, promover o aprendizado e fortalecer a participação da comunidade em práticas sustentáveis. O segundo artigo "A infância no pensamento pedagógico de Rousseau" nos leva a uma análise da educação infantil, destacando a importância das ideias de Rousseau sobre a infância para a educação contemporânea, sobretudo ao destacá-la como etapa específica e fundamental da vida, com suas particularidades e necessidades distintas do adulto, cabendo à educação cuidar de suas potencialidades para transformar a criança em um adulto virtuoso. O terceiro artigo, intitulado "A experimentação no ensino das Ciências da Natureza frente aos desafios da educação contemporânea", apresenta as abordagens teóricas e práticas relacionadas à experimentação em Ciências, com foco na superação dos desafios enfrentados na educação contemporânea. Por fim, o quarto artigo “Utilizando robôs de conversação e linguagem natural para aprimorar a experiência de aprendizado” explora as possibilidades da educação a distância.

A segunda seção, referente à área de Ciências Humanas e Sociais, Letras e Artes, compõe-se do artigo "O espaço e as relações sociais no conto '*Os fuxicos da fonte do Taquari*' de Bernardo Élis", no qual são analisadas as complexas relações sociais e espaciais apresentadas no referido conto de Bernardo Élis. A interpretação

crítica empreendida no artigo auxilia os(as) leitores(as) a compreenderem as nuances da narrativa. Os resultados obtidos são expostos em duas partes: a primeira discute o espaço como representação da natureza do sertão goiano e observa as consequências da intervenção humana e a segunda enfoca as relações sociais no espaço, demonstrando a visão crítica sobre a realidade e o tom anedótico de um estilo de narrativa que, além de trazer um desfecho surpreendente para o(a) leitor(a), revela o efeito do humor no modo de o narrador se relacionar com o mundo.

A terceira seção, da área de Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde, apresenta o artigo "Ethanolic extract of Geastrum saccatum (Basidiomycota: Geastraceae) has inhibitory power in the development of strains of Candida spp.?" que trata do extrato etanólico do Geastrum saccatum e de sua capacidade inibitória no desenvolvimento de cepas de Candida spp. A pesquisa que resultou este artigo pode abrir portas para tratamentos antifúngicos inovadores. O outro artigo que compõe a seção, "Avaliação de cultivares de alface solta crespa em hidroponia em Jataí-GO", apresenta a hidroponia, com a avaliação de cultivares de alface solta crespa, fornecendo ideias valiosas sobre as práticas agrícolas e a produção de alimentos sustentáveis.

Na quarta seção são apresentados três artigos da área de Ciências Exatas e da Terra. Inicia-se com o artigo "Implantação de uma rede de apoio planialtimétrica no Campus UERJ-Maracanã em conformidade com as NBR 13133/21", que apresenta a implantação de uma rede de apoio planialtimétrica, demonstrando o compromisso com os padrões e práticas de alta qualidade na engenharia e topografia. O artigo "Efeito da sílica ativa e nano sílica na durabilidade frente a cloretos e CO2 – um mapeamento da literatura para futuras pesquisas", por sua vez, oferece uma revisão abrangente sobre o efeito da sílica ativa e nano sílica na durabilidade de estruturas em ambientes corrosivos. A pesquisa que o originou pode servir como um guia para pesquisas futuras na área de engenharia de materiais. Por fim, o artigo "O uso da intermodalidade como vantagem competitiva no escoamento da soja em Goiás: uma abordagem comparativa de custos logísticos em diferentes ambientes computacionais" examina a intermodalidade e seus benefícios no

escoamento de soja em Goiás. A análise de custos logísticos auxilia na compreensão de como as escolhas de transporte podem afetar a competitividade.

Os artigos aqui apresentados representam uma amostra multidisciplinar rica e diversificada de trabalhos acadêmicos e científicos, cuja finalidade é contribuir para o avanço do conhecimento em seus mais diversos âmbitos, vislumbrando a melhoria da vida humana. Convidamos nossos(as) leitores(as) a explorar os artigos publicados nas próximas páginas e a apreciar as valiosas contribuições dos(as) pesquisadores(as) que, gentilmente, socializam conosco os resultados de seus trabalhos. Agradecemos a todos(as) os(as) autores(as) por suas contribuições e esperamos que você, leitor(a), tire proveito desta edição da *Tecnia*.

Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz
Editora-Chefe
Kepler Benchimol Ferreira
Editor-Assistente

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

Los mercados verdes: pretexto para la educación ambiental comunitaria en Colombia

GREEN MARKETS; A PRETEXT FOR COMMUNITY-BASED ENVIRONMENTAL EDUCATION IN COLOMBIA

MERCADOS VERDES; UM PRETEXTO PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL BASEADA NA COMUNIDADE NA COLÔMBIA

Mayel Camila Castillo Ruge
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
mayel.castillo@uptc.edu.co

Raúl Andrés Chacón Díaz
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
raul.diaz@uptc.edu.co

Daniel Alejandro Valderrama
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
daniel.valderrama@uptc.edu.co

Alessandro Silva de Oliveira
Instituto Federal de Goiás (IFG)
alessandro.oliveira@ifg.edu.br

Néstor Adolfo Pachón Barbosa
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
nestor.pachon@uptc.edu.co

Resumo
Este artigo investiga o impacto dos mercados verdes na educação ambiental da comunidade em El Cocuy, Boyacá, Colômbia. Por meio de uma revisão abrangente da literatura e da análise de dados primários de estudos de campo, foram identificadas as vantagens dos mercados verdes como ferramentas eficazes para aumentar a conscientização, promover o aprendizado por meio da prática e fortalecer a participação da comunidade em práticas sustentáveis. El Cocuy se destaca por seu ambiente natural e riqueza cultural, o que o torna um ambiente favorável para o desenvolvimento de mercados verdes. Nesse contexto, é evidente como os mercados verdes tiveram um impacto positivo na sustentabilidade ambiental local, promovendo práticas agrícolas sustentáveis, o consumo de produtos ecologicamente corretos e a valorização do conhecimento tradicional. Esses mercados se tornaram espaços de conscientização e aprendizado prático, onde a comunidade se conscientiza da importância de tomar decisões responsáveis em relação ao meio ambiente, desenvolvendo conhecimentos e habilidades que promovem interações amigáveis com o ambiente natural. Como resultado, os mercados verdes não são apenas uma plataforma para a troca de produtos sustentáveis, mas também um espaço para educação e capacitação da comunidade na busca da sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Mercados verdes, Educação ambiental baseada na comunidade, Sustentabilidade, Participação da comunidade, Práticas sustentáveis

Abstract
This article investigates the impact of green markets on community environmental education in El Cocuy, Boyacá, Colombia. Through a comprehensive literature review and analysis of primary data from field studies, the advantages of green markets as effective tools for raising awareness, fostering learning by doing and strengthening community participation in sustainable practices have been identified. El Cocuy stands out for its natural environment and cultural richness, which makes it a favourable environment for the development of green markets. In this context, it is evident how green markets have had a positive impact on local environmental sustainability, promoting sustainable agricultural practices, the consumption of eco-friendly products and the valorisation of traditional knowledge. These markets have become spaces for awareness-raising and practical learning, where the community becomes aware of the importance of making responsible decisions in relation to the environment, developing knowledge and skills that promote friendly interactions with the natural environment. As a result, green markets are not only a platform for the exchange of sustainable products, but also a space for education and community empowerment in the pursuit of environmental sustainability.

Keywords: Green markets, Community-based environmental education, Sustainability, Community participation, Sustainable practices

Resumen
Este artículo investiga el impacto de los mercados verdes en la educación ambiental comunitaria en El Cocuy, Boyacá, Colombia. A través de una revisión exhaustiva de la literatura y el análisis de datos primarios de estudios de campo, se han identificado las ventajas de los mercados verdes como herramientas efectivas para generar conciencia, fomentar el aprendizaje práctico y fortalecer la participación de la comunidad en prácticas sustentables. El Cocuy se destaca por su entorno natural y su riqueza cultural, lo que lo convierte en un entorno propicio para el desarrollo de mercados verdes. En este contexto, se evidencia cómo los mercados verdes han tenido un impacto positivo en la sustentabilidad ambiental local, promoviendo prácticas agrícolas sustentables, el consumo de productos eco-amigables y la valorización de conocimientos tradicionales. Estos mercados se han convertido en espacios de sensibilización y aprendizaje práctico, donde la comunidad adquiere conciencia sobre la importancia de tomar decisiones responsables en relación con el ambiente, desarrollando conocimientos y habilidades que promueven interacciones amigables con el entorno natural. Como resultado, los mercados verdes no solo son una plataforma para el intercambio de productos sustentables, sino también un espacio de educación y empoderamiento comunitario en la búsqueda de la sustentabilidad ambiental.

Palabras clave: *Mercados verdes, Educación ambiental comunitaria, Sustentabilidad, Participación comunitaria, Prácticas sustentables.*

Introducción

Desde una retrospectiva histórica, el ser humano ha utilizado los elementos de su entorno natural para satisfacer sus necesidades básicas como la subsistencia, para ello ha utilizado prácticas como la agricultura, ganadería, alfarería, la creación de herramientas de defensa y la fabricación de productos textiles (ROSALES ESCALANTE, 2016). Esto derivó en el perfeccionamiento técnico, la domesticación de especies animales y vegetales que modificaron su dieta, además de aprovechar

recursos, como la fuerza animal con la invención del arado, la explotación de metales, la cocción del barro y una variedad de procesos que le han facilitado sobrevivir y adaptarse a los cambios de cada época evolutiva (ÁNGEL MAYA, 2015).

En ese proceso de construcción, surge una visión dualista entre el Ser humano y la naturaleza, la cual se reafirma con el cristianismo, se desarrolla en el capitalismo durante la revolución industrial y se consolidada ideológicamente por el mecanicismo cartesiano, especialmente en Occidente (PRIGOGINE; STENGERS, 1984). La constitución de esta perspectiva dicotómica se caracteriza por movimientos de ruptura. Que normalizaron la separación del ser humano y la naturaleza, caracterizando progresivamente las relaciones establecidas y justificándolas por una nueva teoría para la interpretación de la naturaleza: el mecanicismo cartesiano (HÖSLE, 1991) a partir del cual, los fenómenos naturales pueden ser explicados, comprendidos y dominados según un modelo de racionalidad newtoniano, físico y matemático (PRIGOGINE; STENGERS, 1984), por lo que las comprensiones de interacción no están presentes, este fue un aliciente epistémico para la actual crisis ambiental.

De acuerdo con Martínez Castillo (2010), los perjuicios se evidencian en mecanismos de producción y consumo excesivo, explotación de los elementos naturales. Asimismo, la fragmentación y desarticulación de la dimensión ambiental en los escenarios educativos y comunitarios, la instauración cada vez más profunda de mecanismos que dificultan la generación de alternativas que intenten mitigar el cambio climático e incluir la Educación Ambiental de forma integral.

Si bien la Educación Ambiental se convirtió en la herramienta de cambio y mitigación de esos escenarios catastróficos, muchas concepciones/prácticas de educación ambiental siguieron atrapadas en la trampa paradigmática de una visión conservadora. Aunque estén imbuidas de la creencia en una educación socialmente comprometida, difícilmente contribuyen a la intervención y transformación de contextos sociales de marcadas desigualdades entre las personas y se encuentran desprovistas de una visión crítica de las interacciones, tales concepciones/prácticas presentan limitaciones en la comprensión y discusión de los problemas ambientales y pueden ser superficiales e ingenuas, pues no revelan las contradicciones e intereses explícitos que configuran los contextos sociales de vida (CARVALHO, 2002; FOLADORI, 2002; LOUREIRO, 2019).

Así pues, surge la necesidad de aportar estrategias comunitarias, integradoras que intenten responder a las problemáticas de los colectivos haciendo un uso coherente y priorizando la Educación Ambiental, por ello se analiza una dinámica establecida en el municipio de El Cocuy, ubicado al nororiente de Boyacá sobre la cordillera Oriental, municipio capital de la Provincia de Gutiérrez (MORA LIZARAZO; RODRÍGUEZ NUÑEZ, 2013) donde se ha involucrado la estrategia de “Mercados Verdes, Cocuyano compra Cocuyano”, entendido como un mecanismo que reúne una serie de actividades consolidadas para garantizar la satisfacción de necesidades

humanas básicas a través de la utilización de los elementos internos y externos del entorno, generando un mínimo impacto negativo sobre el ambiente, a través de principios, tales como una zona ambientalmente segura, un producto o servicio que provea beneficios para incorporar procesos de evaluación y modificaciones que aseguren un producto fiable, efectivo y de calidad (HERNÁNDEZ RAMOS, 2016).
Particularmente, lo anterior se percibe un acercamiento de los Mercados Verdes con la Sustentabilidad Ambiental entendida desde el desarrollo de la complejidad local, en la concepción del desarrollo a escala humana, en la medida que se aproxima a un orden local que permite dimensionar un imaginario de la satisfacción de necesidades básicas humanas como la subsistencia e identidad, a través del rescate de aquellas prácticas que desde el saber tradicional, como la utilización de prácticas culturales como la agricultura, agropecuaria, elaboración de artesanías, muestra gastronómica, e intercambio de productos y participación de comunidades con sentido de pertenencia a su municipio, constituyendo una nueva forma repensarse el panorama, así como lo expone Max-Neef (1992, p. 14):

> la urdimbre cultural que da sentido desde un imaginario social radical, a la totalidad sistémica en que se inscriben las relaciones de los seres humanos y la de éstos con la naturaleza y la historia [...] es a su vez un tipo de desarrollo orientado a fortalecer *espacios locales, micro organizaciones y la multiplicidad de matrices culturales* dispersas en la sociedad civil, no puede eludir la tarea de consolidar prácticas y mecanismos que comuniquen, socialicen y rescaten las diversas identidades colectivas que conforman el cuerpo social.

En este contexto, el proceso de educación ambiental comunitaria se vincula a uno de los paradigmas más importantes de la educación rural, que promueve la creación de "condiciones reales para desarrollar este territorio, a partir del desarrollo de las potencialidades de sus sujetos" (FERNANDES; MOLINA, 2004, p.7). Fundamentados en lo anterior, la educación rural se convierte en escenario de vida y resistencia, fruto de la lucha por la tierra y el bienestar, que protagonizas sus pobladores, el campo es en sí, el espacio del trabajo familiar en la agricultura (CALDART, 2011, 2012; KOLLING; CERIOLI; CALDART, 2002). Por lo que la educación rural aboga por situar "a los trabajadores rurales y a sus familias en un movimiento de construcción de alternativas integrales de trabajo y de vida que rompan con la lógica de degradación humana de la sociedad capitalista y que sean concretamente sustentables [...]" (CALDART, 2009, p. 46).

Aunque se considera una construcción epistémica en desarrollo, las tendencias críticas de la Educación Ambiental muestran que la transformación que ha sufrido el mundo en los últimos siglos va más allá de la degradación de los recursos naturales. Las distorsiones provocadas por los modelos de desarrollo adoptados han llevado al surgimiento de problemas sociales como la pobreza, el hambre y la miseria, acentuando la violencia que se observa en todos los estratos

sociales y en diversas partes del planeta (SUGAHARA; RODRIGUES, 2019). En este contexto, la sustentabilidad es un intento de conciliar el proceso de globalización con alternativas dirigidas a garantizar condiciones satisfactorias para las generaciones futuras a través de la conservación de los recursos naturales.

De tal modo, el panorama de los Mercados Verdes del municipio de El Cocuy visiona la participación comunitaria desde la percepción de la Educación y Sustentabilidad Ambiental con la integración de gremios campesinos y productores, centro de bienestar para el anciano, Instituciones Educativas como José Santos Gutiérrez y el Cardón, grupo de apoyo con capacidades diversas, colectivo de danza y banda sinfónica, y la comunidad en general del municipio de El Cocuy, algunos entes municipales como la alcaldía con el liderazgo de dependencias como la Secretaria de Planeación y Desarrollo, la UMATA, el área de diseño gráfico y emprendimiento. En este sentido, se genera la percepción desde la comunicación entre las acciones realizadas con los productos del mercado verde (elementos internos) y los actores sociales (elementos externos) desde las relaciones de "la dimensión comercial que representa el mercado verde y segundo la importancia de la sociedad en la inclusión y participación en el sector" (HERNÁNDEZ RAMOS, 2016, p. 22).

En este contexto, surge la necesidad de repensar la Educación Ambiental en escenarios comunitarios como el estudio de caso de El Cocuy, que generen un carácter interdisciplinario, multicultural, y multireferencial (RODRÍGUEZ, 2009) para insistir en la visión sistémica de lo ambiental que permita entender las relaciones entre los componentes naturales y sociales mediado por las construcciones culturales para crear nuevas formas de entender la dimensión ambiental integral y colectiva desde la realidad del contexto, resaltando la importancia del dialogo con las comunidades, del saber y prácticas tradicionales de los campesinos, abuelos, niños y niñas proyectando un escenario educativo donde la diversidad cognoscitiva deriva en la experiencia y las vivencias particulares y colectivas.

1 Metodología

El presente estudio se desarrolló utilizando un enfoque descriptivo y una metodología de investigación cualitativa (GONZÁLEZ, 2020), ya que buscó comprender una realidad ambiental particular, describiendo el papel de los mercados verdes en la promoción de la educación ambiental a partir de la realidad particular del mercado verde del municipio de El Cocuy, Boyacá.

Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con los mercados verdes, la educación ambiental comunitaria y la sustentabilidad. Esta revisión permitió obtener la contextualización geográfica y teórica en torno al estado actual de los mercados verdes en Colombia, siguiendo las

directrices de la revisión sistemática (GALVÃO; RICARTE, 2019); para ello se hizo seguimiento a documentos de caracterización de mercados de organismos administrativos como secretarias de ambiente, secretarias de turismo, corporaciones ambientales regionales y buscadores. Una vez identificado el mercado, se hacía seguimiento a las publicaciones formales e informales sobre el mismo, a fin de reconocer las particularidades de un mercado verde.

Además, se realizaron estudios de campo en el municipio de El Cocuy, donde se recopilaron datos primarios a través de observaciones participantes y conversaciones no estructuradas (CARLOS et al., 2019). Se procuro por tanto la participación de los actores inmersos en el mercado. Estas técnicas cualitativas permitieron obtener información detallada y contextualizada sobre las prácticas y percepciones de la comunidad en relación con las dinámicas del mercado verde del Cocuy.

El análisis de los datos se realizó de forma inductiva, utilizando técnicas de codificación y categorización para identificar temas y patrones emergentes. Se utilizó un enfoque interpretativo para comprender el significado y la importancia de los datos recopilados, y se buscaron conexiones y relaciones entre los hallazgos (SOARES; FONSECA, 2019). El proceso de análisis incluyo posturas integrales entre docentes en formación y la discusión entre pares expertos en educación ambiental, de entorno nacional e internacional.

Para la organización de la información se presentan las categorías de análisis de la Cuadro 1.

Categoría	Descripción
Mercados verdes en Colombia	Se muestran los principales hallazgos en términos de los mercados verdes existentes en el país, a la luz de la literatura disponible sobre las epistemologías y prácticas de los mercados verdes
Estudio de Caso Mercado Verde el Cocuy	Se describen las particularidades observadas en el mercado verde del municipio del Cocuy, teniendo en cuenta las principales características, interacciones, actores y dinámicas ambientales existentes en este.
El Mercado Verde como un proceso de sustentabilidad ambiental	Integra la discusión entre las particularidades del mercado verde analizado y el discurso conceptual de la sustentabilidad ambiental, en términos de las potencialidades de dicho mercado como una práctica de sustentabilidad.
Potencialidades del mercado verde para la educación ambiental comunitaria	Describe las oportunidades y potencialidades del ejercicio educativo ambiental comunitario a la luz de las practicas e interacciones del mercado verde el Cocuy

Cuadro 1. Categorías de análisis, abordadas por los autores

2 Resultados y Discusión

2.1 Mercados verdes en Colombia, un impulso creciente hacia practicas sustentables.

Particularmente, la estrategia de Mercados Verdes ha sido adaptada a los diversos contextos nacionales o locales siendo un acercamiento importante a prácticas sustentables, enmarcadas en la producción y el rescate cultural desde la construcción de saberes tradicionales en las comunidades frente a su relación con el entorno natural y social. En este caso, se ha evidenciado un avance marcado en la promoción de estas estrategias en un país como Colombia, el cual ha proyectado lineamientos importantes a través de la Sustentabilidad Ambiental.

En Colombia, se ha implantado una base sólida en el desarrollo de los mercados verdes mediante el Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes (PENMV), creado por el ministerio de ambiente en julio de 2002. Este plan elaborado en colaboración con entidades del sistema nacional ambiental, así como instituciones del sector público y privado han tenido como objetivo principal consolidar la producción de bienes y servicios a nivel nacional (CÁRDENAS, 2015). Se trata de acciones que caracterizan el ecodesarrollo basadas en los supuestos de que existen cinco dimensiones del desarrollo: 1) sustentabilidad social, 2) sustentabilidad económica, 3) sustentabilidad ecológica, 4) sustentabilidad espacial y 5) sustentabilidad cultural. Éstas, a su vez, remiten a la génesis del desarrollo sustentable, cuyos supuestos fueron incorporados por la Comisión Brundtland en 1987, que definió el Desarrollo Sostenible como:

> En esencia, el desarrollo sostenible es un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional están en armonía y aumentan el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas (BRUNDTLAND, 1987, p. 38).[1]

El PENMV se ha diseñado para aprovechar las ventajas comparativas que tiene Colombia en sectores ambientales y así poder responder a la creciente demanda a nivel nacional como internacional de productos naturales, saludables y respetuosos con el ambiente; a través de esta iniciativa se busca promover un modelo de desarrollo sostenible, donde la protección y conservación de los recursos naturales

1 Traducción libre del original: “In essence, sustainable development is a process of change in which the exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development; and institutional change are all in harmony and enhance both current and future potential to meet human needs and aspirations.” (BRUNDTLAND, 1987, p. 38). Disponible: https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html)

sea considerada como elementos clave para el crecimiento económico. Según el ministerio de ciencias de Colombia (MINCIENCIAS, 2017), un resultado concreto de esta estrategia ha sido la consolidación de 796 negocios verde entre 2014 y 2016; estas iniciativas han demostrado su capacidad para generar impacto positivo en la economía y el empleo del país ya que en este periodo se crearon 4332 empleos directos y alcanzaron ventas por un valor aproximado de 81,127 millones de pesos.

En los mercados verdes se desarrollan diversas actividades que abarcan el diseño de productos, procesos de producción y empaques con el objetivo de minimizar el daño y contaminación en todas las etapas, es así como los mercados verdes se pueden clasificar en tres categorías según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (BOGOTÁ, 2014, p.94):

- Aprovechamiento sostenible de recursos naturales: Esta categoría se enfoca en la utilización responsable y sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad. Incluye actividades como la agricultura, biotecnología y uso sostenible de los recursos naturales.
- Eco productos industriales: En esta categoría se incluyen los productos manufacturados que buscan reducir el impacto ambiental. Esto incorpora el desarrollo y fabricación de productos menos contaminantes, tecnologías limpias, aprovechamiento de residuos, así como la producción de energías limpias en la industria.
- Servicios ambientales: En esta categoría se engloban los servicios que contribuyen a la conservación y restauración del medio ambiente como lo son actividades de ecoturismo, gestión integral de residuos, proyectos de infraestructura para el tratamiento de vertimientos y emisiones.

En el departamento de Boyacá se están impulsando de manera activa los mercados verdes municipales los cuales desempeñan un papel importante en el desarrollo económico de la región. Estos mercados tienen como enfoque especial la producción agrícola sostenible y la compra-venta de productos de origen natural que sean responsable ambientalmente como lo son los productos de origen orgánico, agroecológico y artesanal (GOBERNACIÓN DE BOYACÁ, 2012). Los mercados verdes de Boyacá brindan un espacio de encuentro tanto para productores como para consumidores conscientes, que buscan adquirir alimentos frescos de alta calidad y productos de origen sostenible; además la región cuenta con diversos ecosistemas valiosos como páramos, bosques, lagos y humedales los cuales hacen posible una amplia variedad de productos agrícolas; adicionalmente se promueve la importancia de conservar el entorno natural y promover el respeto e inclusión de las culturas locales en todas las etapas del proceso.

Al apoyar y participar en los mercados verdes de Boyacá se generan oportunidades económicas para las comunidades locales posibilitando eliminar las cadenas de intermediarios y permitiendo a los productores conocer mejor los gustos del mercado urbano, así como generar oportunidades para aumentar los ingresos y relaciones comerciales, promoviendo un comercio más equitativo y sostenible.

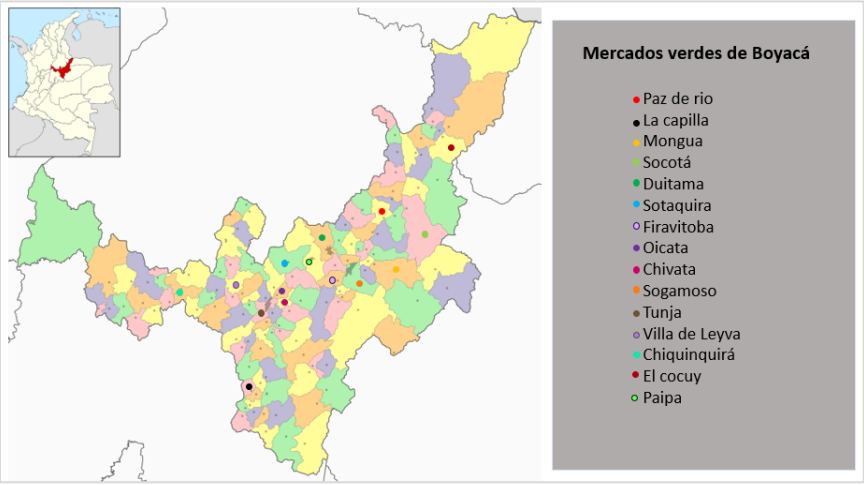


Figura 1 – Mercados verdes presentes en el departamento de Boyacá-Colombia
Fuente: Adaptado de Información proporcionada por la secretaria de Turismo de Boyacá.

En Boyacá existen diversos mercados verdes que se han destacado por su enfoque en la sostenibilidad y la producción de diversos bienes y servicios amigables con el ambiente. Algunos de los más representativos se ubican geográficamente en la figura 1 y se enuncian en la Cuadro 2.

Mercado	Ubicación	Descripción	Productos
Mercado de Paz de Río	Paz de Río	Ofrece productos locales y sostenibles en un ambiente de encuentro entre productores y consumidores conscientes.	Productos agrícolas, lácteos, artesanías locales.
Mercado de La Capilla	La Capilla	Destacado por su enfoque en la promoción de productos agroecológicos y artesanales de la región.	Frutas, verduras, lácteos, artesanías tradicionales.
Mercado de Mongua	Mongua	Se enfoca en la venta de productos frescos y saludables cultivados por agricultores locales.	Hortalizas, cereales, productos lácteos, miel.
Mercado de Socotá	Socotá	Promueve la agricultura sostenible y ofrece una amplia variedad de productos orgánicos y naturales.	Frutas, verduras, legumbres, lácteos, productos procesados naturales.
Mercado de Duitama	Duitama	Destaca por su oferta de productos agroecológicos certificados y opciones saludables.	Frutas, verduras, café, miel, productos procesados saludables.
Mercado de Sotaquirá	Sotaquirá	Ofrece una variedad de productos locales, orgánicos y artesanales en un ambiente tradicional.	Alimentos frescos, plantas medicinales, artesanías, productos de cuidado personal.
Mercado de Firavitoba	Firavitoba	Destacado por su enfoque en productos locales y sostenibles que resaltan la identidad de la región.	Alimentos frescos, productos agroecológicos, artesanías tradicionales.
Mercado de Oicatá	Oicatá	Promueve la venta de productos agrícolas locales cultivados de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.	Frutas, verduras, lácteos, huevos, productos procesados naturales.

Mercado de Chivata	Chivata	Ofrece una selección de productos locales y artesanales en un ambiente que destaca la cultura y tradiciones del municipio.	Alimentos frescos, productos agrícolas, artesanías tradicionales.
Mercado Agroecológico de Sogamoso	Sogamoso	Destacado por su oferta de productos orgánicos y agroecológicos cultivados por agricultores locales.	Frutas, verduras, lácteos, carnes, productos procesados de manera sostenible.
Mercado Campesino de Tunja	Tunja	Ofrece una amplia variedad de productos frescos y orgánicos directamente de los agricultores y productores locales.	Hortalizas, cereales, lácteos, miel y otros productos orgánicos.
Mercado Verde de Villa de Leyva	Villa de Leyva	Destacado por sus productos locales, orgánicos y artesanales en un ambiente pintoresco.	Alimentos, plantas medicinales, artesanías, productos para el cuidado personal.
Mercado Agroecológico de Chiquinquirá	Chiquinquirá	Ofrece productos orgánicos y agroecológicos directamente de los agricultores locales.	Frutas, verduras, huevos, lácteos, productos procesados naturales.
Mercado de El Cocuy	El Cocuy	Destacado por su oferta de productos locales y sostenibles en un entorno natural de montañas.	Alimentos frescos, productos agrícolas, artesanías tradicionales.
Mercado de Paipa	Paipa	Ofrece una variedad de productos locales y sostenibles en un ambiente que resalta la cultura y tradiciones de la región.	Alimentos frescos, productos agrícolas, artesanías tradicionales.

Cuadro 2 – Mercados verdes identificados en el departamento de Boyacá en Colombia.
Fuente: Autores

De esta manera, los mercados verdes constituyen una aproximación a lo que se entiende como Sustentabilidad Ambiental, que a través del tiempo ha adquirido gran relevancia y es postulado en referentes sobre la Educación Ambiental donde se define como aquel proceso que “satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (GÓMEZ CONTRERAS, 2014, p. 126). A partir de lo anterior, este escenario corrobora a SAUVÉ, GOFFIN (1999), al destacar como reto, el que la educación analice las necesidades reales de consumo, reduzca el desperdicio de alimentos, reutilice materiales y desarrolle acciones para mantener la existencia de los recursos naturales en una visión de complejidad socioambiental.

De manera complementaria, se articula la perspectiva de la educación ambiental para la sustentabilidad, el ambiente y el desarrollo social que se proponen a través de una visión económica específica, en la que el desarrollo de ambos es posible y de forma equilibrada, es decir, utilizando los recursos sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. Esta corriente de educación ambiental busca, por tanto, formar a las personas para responder a las necesidades del desarrollo sostenible, y se alinea también con los ODS (ONU, 2015). En otras palabras, la educación ambiental para la sostenibilidad pretende formar personas capaces de desarrollar nuevas tecnologías y crear condiciones culturales que favorezcan el cambio social.

2.2 El Cocuy: Un estudio de caso sobre las particularidades de un mercado verde

El Cocuy, conocido como la "ciudad nevada, remanso de paz", es un municipio ubicado en el nororiente de Boyacá perteneciente a la provincia de Gutiérrez, un sector identificado por sus características culturales, naturales y sociales que reflejan la retrospectiva histórica de los asentamientos en este territorio, zona de cultura agro alfareras, agrícolas y pecuarias (CÁRDENAS TAMARA, 2000). Dentro de las características generales, es uno de los municipios con historia ancestral y cultural más representativos del departamento de Boyacá, donde según sus habitantes la denominación “El Cocuy” proviene del insecto coleóptero conocido como Cocuyo, una especie simbólica y propia de la región. Así pues, la cabecera municipal de El Cocuy está situada a una altura de 2.750 msnm aproximadamente. Según algunos datos relevantes se describe que este fue fundado en 1541 y en 1751 pasó a ser municipio identificado por ser un patrimonio ancestral, histórico y cultural. Uno de sus atractivos turísticos más visitados es la Sierra Nevada de El Cocuy, Güicán y Chita, la cual se encuentra ubicada dentro del Parque Nacional Natural El Cocuy, contando con una extensión total de 306.000 hectáreas (LÓPEZ; SÁNCHEZ, 2018).

Brevemente, dentro de la lectura de contexto realizada se evidencia la construcción cultural enmarcada en su arquitectura e identidad frente a conservar las tradiciones de un pueblo con raíces indígenas que lo reafirman como patrimonio cultural de Colombia, donde los cocuyanos con sus costumbres tejieron y tejen la historia de El Cocuy. Asimismo, se proyectan las prácticas sustentables del campo desde la elaboración de abrigos, típicas ruanas que cubren del frio, cultivo de huertos agrícolas con insumos que generan un mínimo impacto a los ecosistemas, intentando consolidar un punto de partida para la creación de estrategias enmarcadas en aproximaciones a la Sustentabilidad Ambiental.

2.3 Características del mercado verde del Cocuy

Conforme a lo anterior, los aspectos mencionados transitan por la estrategia denominada “Mercados Verdes, cocuyano compra cocuyano”, donde es interesante observar como de forma intencional se proyecta la formulación de prácticas que van acompañadas de un desarrollo local con visión a responder a las necesidades humanas de los habitantes del Cocuy. Allí se promueve la producción equilibrada de alimentos tales como plantas medicinales, elaboración de artesanías, preparación de pan artesanal a base de granos sin conservantes, verduras orgánicas y otros productos que abastecen a los cocuyanos, intentando proporcionar una solución a las necesidades básicas como la subsistencia, mostrando un carácter armónico con lo que provee la naturaleza, encaminando esto a establecer las relaciones entre el aspecto económico y la dimensión ambiental.

Así pues, desde la mirada de la sustentabilidad, el propósito general es reactivar la economía del municipio del Cocuy mediante la realización de los Mercados Verdes, la cual busca dignificar el rol del campesino Cocuyano a través de la participación

comunitaria, la integración de la comunidad en un escenario socio-cultural y participativo, incentivando al comercio campesino y local con la proyección de crear un espacio de reflexión en torno a la Educación Ambiental, acercándose a lo manifestado por Max-Neef (1992), donde postula que el desarrollo a escala humana se concentra en satisfacer las necesidades humanas fundamentales, para crear nuevos panoramas, autodependencia en los grupos humanos de forma articulada con la naturaleza, sociedad y la tecnología, teniendo como base fundamental el comportamiento local frente a lo global desde la planificación con la autonomía y autodependencia, visualizando cada elemento para orientar las acciones y aspiraciones desde la perspectiva del contexto de la realidad de cada región, en este caso del municipio de El Cocuy. Sin embargo, son los propios ciudadanos quienes deben estructurar y reforzar los movimientos de participación social.

2.3.1 ENFOQUES CENTRALES

Se describen una serie de enfoques guiados a cumplir los propósitos iniciales de esta estrategia, donde se interconectan los 6 lineamientos de la Cuadro 3 como ejes dinamizadores de la complejidad en las interacciones ambientales.

Enfoque	Descripción
Artístico	Grupo musical del municipio Grupo de danzas Grupo banda sinfónica del municipio Muestra de elaboración de artesanías
Gastronómico	Muestra gastronómica de comida tradicional, elaborada por integrantes activos y pertenecientes al municipio de El Cocuy
Productivo	Plantas aromáticas (hierbas, hortalizas, etc.) Pan tradicional (a base de granos integrales) Cárnicos (trucha, cordero, genovas, chorizas) Artesanías (producción local, elaborados a mano, lana de oveja) Verduras biorgánicas (producidos sin fertilizantes ni agroquímicos) Utensilios para el hogar (escobas, herramientas para el aseo) Hortalizas y productos de huertos ecológicos (I.E con proyectos productivos) Otros, (lácteos, gavicultura, etc.)
Ecológico	Punto ecológico estratégico para la disposición de residuos de posconsumo Trueque de bolsas de leche utilizadas por bolsa textil
Comunicativo	Divulgación de estrategia sustentable en medio de comunicación con la emisora municipal “Serranía Stereo”
Instituciones/ Sectores	Alcaldía del municipio de El Cocuy Instituciones Educativas: José Santos Gutiérrez y El Cardón Gremio de campesinos productores del municipio de El Cocuy Grupo de comunidad con capacidades diversas Centro de Bienestar al Adulto Mayor Grupo de danzas, instrumental y banda sinfónica del municipio Comunidad en general y visitantes frente a la dinámica ecoturística de la región

Cuadro 3 – Descripción de los enfoques de la estrategia Mercados Verdes de El Cocuy-Boyacá
Fuente: Autores.

A partir de estas interacciones, surge la necesidad de contar con una zona ambientalmente segura, que conlleve a identificar aquellos beneficios ambientales para la producción sustentable de bienes o servicios, promoviendo la comunicación como forma de lenguaje en la que transita un conjunto de elementos sociales, naturales y culturales, en la medida que se brinda un producto elaborado desde lo local y regional, siempre desde la perspectiva ética donde estas estrategias deben ser coherentes y relacionadas con la gestión ambiental que tiene la organización, en este caso, la alcaldía municipal y la comunidad del municipio de El Cocuy para el óptimo desarrollo del producto, "con la finalidad de proteger los derechos de los consumidores y garantizar los más altos estándares de elaboración del producto" (HERNÁNDEZ RAMOS, 2016, p. 58).

De esta manera, para garantizar el propósito del producto, se involucran elementos internos y externos que comparten una visión holística, desde la construcción de saberes tradicionales frente a los productos locales creados en cada región con una identidad y sentido de pertenencia que forja a cada actor social dentro de la estrategia mencionada ya sean productores, consumidores, grupos sociales que se relacionan con el producto, el mensaje e información construida durante el proceso de la consolidación del Mercado Verde, dando como prioridad tres elementos indispensables dentro de la Sustentabilidad Ambiental: la soberanía y seguridad alimenticia, el desarrollo local (Figura 2).

Dicha interacción conceptual se enmarca en el concepto de percepción ambiental, que puede definirse como la conciencia del hombre sobre el ambiente, es decir, el acto de percibir el entorno y aprender a protegerlo (KRZYSCZAK, 2016). La percepción de cada individuo es un proceso personal. Sin embargo, sabemos que los individuos no actúan solos en un entorno determinado, sino colectivamente, ya que forman parte de un grupo con comportamientos y características similares. Cada día, la percepción que las personas tienen del entorno es diferente. Esto se debe a que la "comprensión" del entorno resulta no sólo de las condiciones materiales que rodean a los individuos, sino también de los conocimientos y contenidos afectivos, éticos, ideológicos y filosóficos que condicionan su propia percepción (GONÇALVES, 2004). La percepción del ambiente materializa prácticas y acciones que condicionan las formas de relación ser humano/naturaleza, de ahí la importancia de comprenderla para analizar la problemática ambiental, especialmente en procesos formativos como la educación ambiental y en escenarios que vinculan la participación ciudadana, la integralidad sociocultural y económica, escenarios como el mercado verde objeto de estudio.

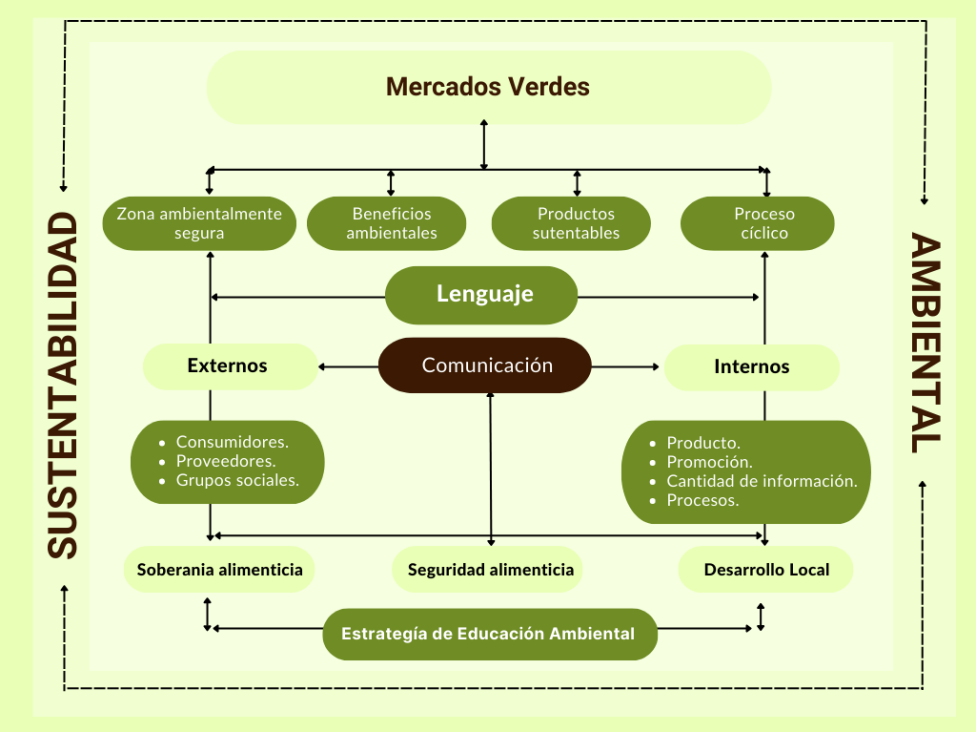


Figura 2 – Modelo Sistémico de los Mercados Verdes
Fuente: Autores.

2.4 Actores sociales del Mercado Verde del municipio de El Cocuy

Desde la perspectiva de la vinculación de actores sociales a los Mercados Verdes, es importante visualizar la participación e integración comunitaria, interinstitucional e intersectorial desde el acompañamiento de los medios comunicativos e informativos del municipio, como lo es la emisora “serranía Stereo”, los grupos culturales de danzas y la banda sinfónica, que con los sonidos de la música tradicional proyectan un escenario cultural durante la realización de los mercados verdes. Por otro lado, es importante mencionar al centro de Bienestar del Anciano, un programa de la alcaldía que permite la participación de quienes con sus manos tejieron la historia del municipio de El Cocuy, Boyacá. De esta manera, es posible reflexionar que la participación intersectorial hace posible este nuevo panorama, con una mirada hacia la Sustentabilidad Ambiental con el desarrollo local y comunitario en el norte de Boyacá. Asimismo, otro programa de apoyo que acompaña la actividad es la comunidad con capacidades diversas, quienes desde su labor y superación elaboran utensilios del hogar con elementos reutilizados, haciendo énfasis en las actividades que han sido aprendidas como resultado de los talleres que incentiva la alcaldía del municipio. Finalmente, el trabajo articulado con las instituciones educativas rurales y urbanas del municipio, donde la alianza empieza, con el cultivo de alimentos, el acompañamiento a huertas ecológicas y proyectos productivos con objetivo guiados desde la soberanía y seguridad alimenticia del municipio de El Cocuy, siendo este un amplio panorama para aproximarse a fundamentos guiados desde la Sustentabilidad Ambiental.

En este sentido, se evidencia la articulación de los enfoques establecidos con los actores sociales del Mercado Verde del municipio de El Cocuy, así como se resalta en el cuadro 4, donde se muestran las interacciones gestadas en los “Mercados Verdes”.





Enfoque ecológico
a. Intercambio de residuos posconsumo para la entrega de bolsa textil.
b. Bolsas textiles con el fundamento para la compra de productos locales “Cocuyano compra cocuyano”.
Fuente: autores.





Instituciones/Educativas.
a. Proceso de acompañamiento de siembra.
b. Entrega de semillas para la producción de alimentos ofrecidos en el “Mercado Verde”.
Fuente: autores.





a. Plantas medicinales producidas en el campo Cocuyano.
b. Artesanías tejidas por manos campesinas.
Fuente: Autores.

Cuadro 4 – Interacciones sociales, económicas, culturales y naturales en el mercado verde del Cocuy Boyacá.
Fuente: Autores.

En esta dirección, Baquero (2012) señala que un proceso de participación social podría darse a través del desarrollo de percepciones y potencialidades que permitan una mayor organización social y pertenencia al espacio. Desde nuestro punto de vista, estas percepciones se refieren a visiones del espacio y de las interacciones. De este modo, las potencialidades podrían ampliarse mediante el desarrollo de la capacidad de análisis y acción para resolver problemas comunes a una comunidad. A partir de las ideas que hemos desarrollado, entendemos que las acciones de las personas en su conjunto, de forma organizada, contribuirían a su intervención en muchas circunstancias desfavorables para la mayoría (CARVALHO, 2012; GUIMARÃES, 2007).

Por eso se considera que los vínculos con los Mercados Verdes son importantes para la integración de la comunidad. En este sentido, las representaciones visuales de la Tabla 4 proyectan la idea de lenguaje hacia la promoción de un Mercado Verde articulador donde se fundamenta la Educación Ambiental con el objetivo de fortalecer en las comunidades el dialogo intercultural, el rescate de prácticas agrícolas y productivas que generen el menor impacto hacia la naturaleza, donde se creen redes de conexión fundamentales para consolidar la identidad del territorio en los habitantes del municipio de El Cocuy, donde la actividad productiva, la seguridad y soberanía alimentaria debe fortalecerse a través de un encuentro de saberes y procesos, y que permita desarrollar conexiones nacionales, regionales y locales entre organizaciones y procesos.

En el desarrollo de lo anterior, es evidente que concebir la educación ambiental principalmente como un medio para reducir la degradación equivale a reducirla a un instrumento de gestión de espacios. Existen muchas limitaciones y riesgos de malentendidos cuando las visiones basadas en estos supuestos ignoran otras dimensiones sociales. En este contexto, queremos destacar que las perspectivas de la educación ambiental pueden contribuir a la constitución de la participación de las personas en las cuestiones socioambientales, con aportes más o menos significativos para este fin. Argumentamos que la educación ambiental crítica favorece ese proceso de participación, en la medida en que considera: el ser humano inserto en el espacio de las dimensiones socioambientales; la vida en su complejidad y; la comprensión de las cuestiones ambientales no restringidas solamente a las dimensiones naturales del espacio. Su propuesta es develadora y comprometida con la transformación de los contextos sociales y la formación de personas capaces de identificar, cuestionar, proponer soluciones y actuar sobre las cuestiones socioambientales (CARVALHO, 2012; GUIMARÃES, 2007; JACOBI, 2005; LOUREIRO, 2019; REIGOTA, 2009). Por ello, se buscó comprender el contexto social de la comunidad y planificar, proponer e implementar acciones de sensibilización basadas en los Mercados Verdes. De esta forma, además del marco teórico de la educación ambiental, en diálogo con la educación rural, necesitamos adoptar una perspectiva crítica con foco en el empoderamiento de los sujetos.

2.5 El Mercado Verde el Cocuy y la sustentabilidad ambiental

Con base en lo anterior, se aprecia la importancia de los mercados verdes en la sustentabilidad ambiental del Municipio de El Cocuy, Boyacá; es de vital importancia, debido a varios factores interrelacionados, que se convierten en una praxis, que a futuro puede mantener unas relaciones ecosistémicas, sanas, generando una ética del mínimo impacto

Es evidente que estos mercados contribuyen significativamente a la conservación de los recursos naturales presentes en el territorio. El Cocuy se encuentra en una región rica en biodiversidad y cuenta con ecosistemas diversos y frágiles. Los mercados verdes promueven el aprovechamiento sostenible de estos recursos naturales al fomentar prácticas agrícolas respetuosas con el ambiente, la recolección y uso responsable de plantas medicinales y la implementación de estrategias de manejo forestal sostenible. Al hacerlo, se garantiza la preservación de la flora y fauna autóctona y se protege la integridad de los ecosistemas locales.

Desde otra perspectiva, los mercados verdes buscan reducir el impacto ambiental generado por las actividades productivas en el municipio. Esto implica la adopción de tecnologías limpias, no necesariamente innovadoras, ya que, en algunos casos, se desarrollan desde la tradición ancestral de las comunidades, quienes mantenían unas relaciones más sanas con los recursos; dichos saberes encuentran en los mercados verdes un escenario de discusión y socialización permitiendo desde el intercambio de saberes, el desarrollo de prácticas industriales sostenibles. Por ejemplo, se promueve el empleo de métodos de producción más eficientes y menos contaminantes. Estas acciones contribuyen directamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la disminución de la huella ambiental del municipio, lo que es esencial para mitigar el cambio climático y preservar la calidad del aire y del agua, en estos ecosistemas que son claves en las relaciones acuíferas de la región.

Por otra parte, los mercados verdes tienen un impacto significativo en el desarrollo económico local. Al impulsar la participación comunitaria y el comercio campesino y local, se generan oportunidades económicas para los habitantes de El Cocuy. La producción y comercialización de productos ecológicos y sustentables, como alimentos orgánicos, artesanías tradicionales y servicios turísticos en armonía con el entorno generan empleo y fortalecen la economía local. Esto es especialmente relevante para las comunidades indígenas y mestizas que habitan en la región, ya que los mercados verdes ofrecen una vía para preservar su cultura y tradiciones, al tiempo que les brindan un sustento económico.

2.6 ¿Pueden ser los mercados verdes un escenario de educación ambiental comunitaria?

Desde las potencialidades y características encontradas en el mercado verde del municipio del Cocuy, que es muy semejante al de otras regiones del departamento y del país, se pudieron evidenciar algunas potencialidades de estos espacios, en la construcción de educación ambiental comunitaria. En primer lugar, los mercados verdes sirven como espacios de sensibilización y concienciación ambiental para la comunidad. A través de la promoción de productos y prácticas sostenibles, se pueden brindar oportunidades de educación ambiental, informando a los consumidores sobre la importancia de tomar decisiones conscientes y responsables en relación con el ambiente. Esto puede incluir la divulgación de información sobre la conservación de recursos naturales, la reducción de residuos, la mitigación del cambio climático y otros temas ambientales relevantes; dicha práctica se da a partir de las interacciones sociales entre los diferentes actores, como se describió en el ejemplo de mercado verde analizado.

En términos didácticos, los mercados verdes son un entorno de aprendizaje práctico y experiencial para la comunidad. A través de la participación en actividades relacionadas con la producción, comercialización y consumo de productos sostenibles, las personas pueden adquirir conocimientos y habilidades prácticas sobre prácticas ambientalmente amigables. Por ejemplo, pueden aprender sobre técnicas de agricultura orgánica, métodos de reciclaje y reutilización; de igual forma surgen conocimientos ancestrales que constituyen un dialogo de saberes entre la tradición y la contemporaneidad, proporcionando de esta manera fundamentos para la toma de decisiones frente a los recursos e interacciones personales y comunitarias generadas con los mismos.

Si se pretende sistematizar los procesos de educación ambiental comunitaria, paralelo a lo anterior, los mercados verdes son un espacio propicio para realizar talleres, charlas y capacitaciones sobre temas ambientales, respetando las dinámicas del espacio, propiciando el dialogo y la construcción colectiva de soluciones sustentables, frente a problemáticas ambientales particulares de la región. Uno de los retos de la educación ambiental comunitaria es que desde sus aspectos procedimentales se promueva la participación de todos los actores y que los aportes de esos procesos se catalicen en la toma de decisiones relacionadas con el ambiente. Estas decisiones deben permitir la sistematización y trascendencia en el tiempo, por eso, el siguiente proceso desde estos procesos, es la generación de políticas públicas, la construcción de proyectos ambientales comunitarios y la consolidación de acciones comunes en torno a problemáticas ambientales, que no sean tacitas en la dinámica del mercado.

Conclusiones y recomendaciones

Los mercados verdes en el municipio de El Cocuy, Boyacá, representan una oportunidad para promover la sustentabilidad ambiental y el desarrollo local. Estos mercados se caracterizan por la producción y comercialización de productos y servicios que respetan el ambiente y promueven la conservación de los recursos naturales.

El Cocuy se destaca por su entorno natural y su riqueza cultural, lo que crea un escenario propicio para el desarrollo de los mercados verdes. La arquitectura tradicional, las prácticas agrícolas sustentables y la valorización de conocimientos tradicionales son ejemplos de cómo los cocuyanos tejen la historia de El Cocuy a través de sus costumbres.

Es necesario fortalecer la promoción y difusión de los mercados verdes en Colombia, visualizando los beneficios de consumir productos y servicios sustentables, tanto para los consumidores como para el ambiente, esto desde las alianzas estratégicas entre los actores locales, como productores, comerciantes, instituciones educativas y organizaciones comunitarias. Estas alianzas permitirán fortalecer los mercados verdes y promover una mayor participación comunitaria en su desarrollo y funcionamiento.

Se deben generar estrategias de formación y capacitación en prácticas sustentables para los productores y comerciantes locales. Esto incluye proporcionar acceso a información y recursos técnicos que les permitan mejorar la calidad y diversidad de sus productos, así como adoptar prácticas más sostenibles en sus procesos productivos, privilegiando los conocimientos y practicas agropecuarias ancestrales, que generaban impactos mínimos en el ambiente.

Se hace evidente la necesidad de establecer mecanismos de certificación o etiquetado que identifiquen claramente los productos y servicios sustentables en los mercados verdes del país. Esto facilitará la identificación y elección de opciones ambientalmente responsables por parte de los consumidores ya que, en el caso del Cocuy, al ser un municipio con pequeña densidad poblacional es fácil el acceso al mismo, pero si se quieren promover estas prácticas en grandes ciudades, se deben pensar otras alternativas.

Referencias

ÁNGEL MAYA, A. *La fragilidad ambiental de la cultura-Historia y medio ambiente*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2015.

BAQUERO, M. Avaliando o potencial de fatores culturais na construção da democracia na américa latina: uma comparação entre 2005 e 2010. *Revista*

Debates, v. 6, n. 1, p. 9, 2012. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/debates/article/view/26663. Acesso em: 22 set. 2023.

BRUNDTLAND, G. H. *Our Common Future World Commission on Environment And Developement.* [s.l: 1987.]. Disponível em: https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html. Acesso em: 8 set. 2023.

CALDART, R. S. Educação do campo: notas para uma análise de percurso. *Trabalho, Educação e Saúde*, v. 7, n. 1, p. 35–64, jun. 2009.

CALDART, R. S. *Licenciatura em Educação do Campo e projeto formativo*: qual o lugar da docência por área. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.

CALDART, R. S. Educação do campo. *Dicionário da educação do campo*, v. 2, p. 257–265, 2012.

CÁRDENAS, L. M. La implementación del Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes en el Departamento de Amazonas, Colombia, 2002- 2011: ¿Acierto o desacierto? *Revista de Ingeniería*, v. 0, n. 42, p. 52–59, ago. 2015.

CÁRDENAS TAMARA, F. *Desarrollo sostenible en los Andes de Colombia*: Provincias del Norte, Gutiérrez y Valderrama, Boyacá, Colombia. 1. ed. Bogotá: Pontifícia Universidad Javeriana , 2000. v. 1.

CARLOS, F. et al. O método qualitativo norteando a pesquisa social. *HOLOS*, v. 5, n. 5, p. 1–6, 27 dez. 2019.

CARVALHO, H. M. *El campesinado contemporáneo como modo de producción y como clase social.* Curitiba: Alai Editora, 2012.

CARVALHO, I. C. M. El sujeto ecológico y la acción ambiental en la esfera pública: una política en transición y las transiciones en la política. *Tópicos en educación ambiental*, v. 4, n. 10, p. 37–49, 2002.

FERNANDES, B. M.; MOLINA, C. M. O campo da educação do campo. *In*: MOLINA, M. C.; JESUS, M. S. (org.). *Por uma Educação do Campo*: contribuições para a construção de um projeto de Educação do campo. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2004. p.32-53.

FOLADORI, G. Contenidos metodológicos de la Educación Ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental*, vol. 4, n. 11, p. 33-48, ago. 2002.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion*: Filosofia da Informação, v. 6, n. 1, p. 57–73, set. 2019.

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ. *Plan estratégico departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación - PEDCTI*. 1. ed. Colombia: Gorbernación de Boyacá, 2012.

GÓMEZ CONTRERAS, J. L. Del desarrollo sostenible a la sustentabilidad ambiental. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*: Investigación y Reflexión, v. 22, n. 1, p. 115–136, enero 2014.

GONÇALVES, C. W. P. *El desafío ambiental*. México DC: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2004. Disponível em: https://www.comisionporlamemoria.org/archivos/jovenesymemoria/recursos/El-desafio-ambiental-de-Carlos-Walter-Porto-Goncalves.pdf. Acesso em: 30 jun. 2023.

GONZÁLEZ, F. E. Reflexões sobre alguns conceitos da pesquisa qualitativa. *Revista Pesquisa Qualitativa*, v. 8, n. 17, p. 155–183, out. 2020.

GUIMARÃES, M. *Educação Ambiental:* no consenso um embate?. São Paulo: Papirus, 2007.

HERNÁNDEZ RAMOS, F. A. *Avances en la incorporación de las estrategias de mercados verdes al interior del sector forestal colombiano.* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.

HÖSLE, V. *Philosophie der ökologischen Krise (The philosophy of ecological crisis)*. Munich: Beck, 1991.

JACOBI, P. R. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educação e Pesquisa*, v. 31, n. 2, p. 233–250, ago. 2005.

KOLLING, E. J.; CERIOLI, P. R.; CALDART, R. S. *Educação do Campo:* identidade e políticas públicas. Brasília: Articulação nacional por uma Educação do Campo, 2002.

KRZYSCZAK, R. F. As diferentes concepções de meio ambiente e suas visões. Instituto de Desenvolvimento Educacional do Alto Uruguai-IDEAU, *Revista de Educação do IDEAU*, v. 11, n. 23, jan. 2016.

LÓPEZ, H. O.; SÁNCHEZ, J. Á. Análisis de las relaciones entre el cambio climático y los modelos de producción en el municipio de El Cocuy (Boyacá). *Universidad de la Salle, Facultad de Economía, Empresa y Desarrollo Sostenible.* Disponível em: https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/559. Acesso em: 30 jun. 2023.

LOUREIRO, C. F. B. Questões ontológicas e metodológicas da educação ambiental crítica no capitalismo contemporâneo. *REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 36, n. 1, p. 79–95, maio 2019.

MARTÍNEZ CASTILLO, R. La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, v. 14, p. 42–58, abr. 2010.

MAX-NEEF, M. Desarrollo a escala humana: una opción para el futuro. *Oikos,* n. 07, p. 53–66, mar. 1992.

BOGOTÁ. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Plan Nacional de Negocios Verdes*. 1. ed. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA COLOMBIA. *Los negocios verdes impulsan el desarrollo de Colombia | Minciencias*. Disponível em: https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/los-negocios-verdes-impulsan-el-desarrollo-colombia. Acesso em: 30 jun. 2023.

MORA LIZARAZO, L. E.; RODRÍGUEZ NUÑEZ, N. J. *Propuesta para la creación de un centro de memoria histórica-cultural en el municipio de el Cocuy*. Bogotá: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2013.

ONU. *Objetivos de Desarrollo Sostenible | Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo*. 2015. Disponível em: https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals. Acesso em: 8 set. 2023.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. *Ordre dans le chaos*: nouveau dialogue de l'homme avec la nature. New York: Editora Verso, 1984.

REIGOTA, M. Editorial - Educação ambiental brasileira: a contribuição da nova geração de pesquisadores e pesquisadoras. *Revista Interacções*, v. 5, n. 11, p. 1–7, abr. 2009.

RODRÍGUEZ, J. M. La cuestión ambiental desde una visión sistémica. *Revista Ideas Ambientales*, v. 2. n. 2, p. 1–35, 2009.

ROSALES ESCALANTE, C. R. ¿Tuvo la agricultura algún efecto en la evolución humana? *Herbario CICY,* v. 8, p. 117–121, ago. 2016.

SAUVÉ, L. GOFFIN, L. *Pour une éducation relative á l'environnement.* Éducation relative à l'environnement, v. 1 p 1-4. set. 1999. Disponível em: https://doi.org/10.4000/ere.7118. Acesso em: 8 set. 2023.

SOARES, S. DE J.; FONSECA, V. M. DA. Pesquisa científica: uma abordagem sobre a complementaridade do método qualitativo. *Quaestio* - Revista de Estudos em Educação, v. 21, n. 3, dez. 2019.

SUGAHARA, C. R.; RODRIGUES, E. L. Desenvolvimento Sustentável: um discurso em disputa. *Desenvolvimento em Questão*, v. 17, n. 49, p. 30–43, out. 2019.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

A infância no pensamento pedagógico de Rousseau

CHILDHOOD IN ROUSSEAU'S PEDAGOGICAL THINKING

LA INFANCIA EN EL PENSAMIENTO PEDAGÓGICO DE ROUSSEAU

Wilson Alves de Paiva
scriswap@ufg.br
PPGE/FE/UFG

Solange Martins Oliveira Magalhães
Faculdade de Educação da UFG
https://orcid.org/0000-0003-1187-112x

Resumo

O presente artigo trata de uma produção informativa e descritiva sobre o conceito de infância e alguns aspectos da educação infantil, segundo Rousseau. Seu pensamento foi bastante emblemático no contexto do Iluminismo e até hoje provoca discussões sobre tal aspecto. Ao inquirir sobre o poder da razão e do intelectualismo, Rousseau sustentou mudanças paradigmáticas na visão de mundo de sua época. Apesar de ser vasta sua influência, nesse artigo damos centralidade a representações de infância e de sua educação. A partir de seu pensamento, apresentamos prerrogativas que mostram como o autor lançou as bases para a elaboração do moderno conceito de infância. Para ele, a infância é uma etapa especial que carecia de uma nova proposta educativa - educação natural - que atuasse em torno de suas especificidades. Rousseau dá um novo sentido ontológico à infância, sobretudo ao destacá-la como etapa específica e fundamental da vida, com suas particularidades e necessidades distintas do adulto, cabendo à educação cuidar de suas potencialidades para transformar a criança em um adulto virtuoso.

Palavras-chave: Infância; Educação negativa; Pedagogia; Rousseau; Emílio.

Abstract

Shall consist 180-250 words, approximately 50% composed of the objectives, rationale / theoretical Rousseau's political, philosophical and pedagogical thought is quite emblematic. By criticizing the power of reason and intellectualism, he offered new paradigms of understanding the world. Despite the wide range of his philosophy, the concept of childhood and its representations in the education process are central to this article. Based on his thinking, ten prerogatives are presented which show how the author laid the foundations for the elaboration of the modern concept of childhood. For him, childhood is a special stage that lacked a new educational proposal - natural education - that would act around its specificities. Rousseau gives a new ontological meaning to childhood, especially by highlighting it as a specific and fundamental stage of life, with its particularities and needs different from adults, and it would be up to education to take care of its potential to transform it into a virtuous adult.

Keywords: Childhood; Negative Education; Pedagogy; Rousseau; Emile.

Resumen
El pensamiento político, filosófico de Rousseau fue bastante emblemático. Al indagar sobre el poder de la razón y del intelectualismo, intentó ofrecer nuevos paradigmas para la comprensión del mundo. A pesar de su gran producción, en este artículo damos centralidad a las representaciones de la infancia y su educación. A partir de su pensamiento, principalmente del *Emilio o de la educación*, presentamos diez prerrogativas que muestran cómo el autor sentó las bases para la elaboración del concepto moderno de infancia. Para él, la infancia es una etapa especial que carecía de una nueva propuesta educativa, o sea, una educación natural para tener en cuenta sus especificidades. Rousseau da un nuevo significado ontológico a la infancia, especialmente al resaltarla como una etapa específica y fundamental de la vida, con sus particularidades y necesidades distintas a las de los adultos, y correspondería a la educación cuidar su potencial para transformarla en un adulto virtuoso.

Palabras clave: Infancia; Educación negativa; Pedagogía; Rousseau; Emilio.

Não se conhece a infância: com as falsas ideias que dela temos,
quanto mais longe vamos mais nos extraviamos.
Jean-Jacques Rousseau

Introdução

A epígrafe deste artigo, retirada do Prefácio do livro Emílio ou da Educação, escrita pelo filósofo genebrino Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), traduz uma realidade do século XVIII: de fato, não se conhecia a infância. Ou, pelo menos, como diz Ariès (1981), essa faixa etária se confundia com a adolescência e não se tinha um sentimento específico para ela. Realidade que contou com os escritos de Rousseau para que o processo de descoberta da infância se tornasse possível, pois sua inquietude intelectual resultou como um importante ponto de apoiou à superação de uma concepção moralista – que não diferenciava adultos e crianças – que imperava desde a Idade Média.[1] Pois, como disse Claparède, "Rousseau viu bem que a arte de educar pressupõe o conhecimento da infância".[2]

Embora já houvesse entre os iluministas uma aceitação de que a criança merecia uma atenção especial e melhores cuidados; e, igualmente, por mais que autores anteriores, como Rabelais, Montaigne, Molière e até La Fontaine tenham dado sua contribuição para um novo olhar e um novo sentimento em relação à infância, o foco dessa produção era o de se investir esforços para que a criança alcançasse rapidamente a "idade da razão". Por isso, para Martin (2020, p. 60)[3]

1 "As crianças na Idade Média têm um papel social mínimo, sendo muitas vezes consideradas no mesmo nível que os animais [...], mas não na sua especificidade psicológica e física, a tal ponto que são geralmente representadas como "pequenos homens", tanto na vestimenta quanto na participação na vida social" (CAMBI, 1999, p. 176); "[...] criança era tão insignificante, tão mal entrada na vida, que não se temia que após a morte ela voltasse para importunar os vivos" (ARIÈS, 1981, p. 22). E Rousseau (1973, p. 94) diz: "a única lição de moral que convém à infância, e a mais importante em qualquer idade é a de não fazer mal a ninguém".

2 Tradução livre de: "Rousseau avait bien vu que l'art d'éduquer présupose " la connaissance de l'enfant" (CLAPARÈDE, 1968, p. 10).

3 Martin (2020, p. 60) discorre com base nos escritos do dramaturgo francês Louis-Sébastian Mercier (1740-1814).

não foi nenhum deles, mas "foi Rousseau quem devolveu a liberdade, a graça e a alegria ingênua dos primeiros anos". O que é claro em seu tratado educacional – Emílio ou da Educação –, não apenas no início, quando faz referências quase poéticas da infância, comparando a criança como plantinha de jardim, ou quando fala da liberdade que deve ser-lhe concedida desde o nascimento; mas ao longo de toda obra. Seu ficcional tratado teve um caráter romântico e, principalmente nos três primeiros livros, ao desenvolver os preceitos da educação do zero aos 15 anos, deixa isso bem claro ao dizer: "Amai a infância; favorecei seus jogos, seus prazeres, seu amável instinto. Quem de vós não sentiu saudoso, às vezes, dessa idade em que o riso está sempre nos lábios e a alma sempre em paz?" (ROUSSEAU, 1973, p. 61).

Não há dúvida que se tratava de uma nova abordagem, de uma nova visão da infância, cujo ineditismo[4] coloca de fato Rousseau como o "criador da infância".[5] Pois o enfant, que tinha um papel social mínimo na Idade Média, sendo inclusive "muitas vezes consideradas no mesmo nível que os animais" (CAMBI, 1999, p. 176), encontrou na voz de Rousseau a defesa de sua especificidade. O filósofo foi contra as intepretações vigentes, principalmente a que se arrastava desde os tempos de Agostinho e fora reforçada na época carolíngia,[6] que considerava a criança como pecadora. Também foi contra a tendência que defendia o desenvolvimento racional da criança, pois para ele a infância não passa do "sono da razão" (ROUSSEAU, 1973, p. 98), durante o qual o exercício racional deve ser retardado o máximo possível. Portanto a educação da criança dever ser um processo que leve em conta o ritmo natural, valendo-se da bondade natural[7] que lhe é própria, para se evitar ao máximo a perversão social, que lhe é externa.

Esse pressuposto mostra como o genebrino estendeu a ideia da bondade natural à condição infantil, tornando-se um alerta quanto aos cuidados especiais que lhe devem ser dirigidos por parte da família; quanto à importância na educação dos filhos; e quanto ao respeito em geral que se deve ter à essa faixa etária: "Respeitai a infância e não vos apresseis em julgá-la bem ou mal" (ROUSSEAU, 1973, p. 97). Ideia que foi um marco significativo na gradativa superação do velho conceito de infância como uma etapa insignificante e sem uma especificidade psicológica ou física.

4 Lecercle (1969, p. 319), em *Rousseau et l'art du roman*, ressalta que antes de Rousseau ninguém escreveu um tratado educacional em forma de romance: "C'est que jamais avant lui personne n'a écrit un traité d'éducation sous forme romanesque".

5 Sobre isso, Claparède (1968, p. 82) afirma: "O ponto de vista muda completamente: a criança também tem vida própria, ela tem *sua* vida. E ela tem o direito de vivê-la, de vivê-la feliz". (Tradução livre de : "Le point de vue change complètement : l'enfant a aussi une vie à lui, il a *sa* vie. Cette vie, il a droit à la vivre, à la vivre heureux").

6 Cf. Ariès e Duby (1991, v. 1, p. 508), "no começo da época carolíngia [século VIII], o batismo se torna um sacramento unicamente destinado às crianças".

7 Isso não significa uma bondade moral, pois a expressão "bom por natureza" traduz apenas a ausência do mal. Entretanto, tal conceito de infância passa a ser definidor da própria moralidade dos homens: "a única lição de moral que convém à infância, e a mais importante em qualquer idade é a de não fazer mal a ninguém" (ROUSSEAU, 1973, p. 94).

Pois, de fato, como aponta Cambi (1999, p. 186), as crianças eram "geralmente representadas como 'pequenos homens', tanto na vestimenta quanto na participação na vida social" (CAMBI, 1999, p. 176). Portanto, inicia-se com Rousseau a alteração da representação da infância como um "adulto em miniatura" (ARIÈS, 1981, p. 22), contribuindo assim também com a alteração das representações de família, de mulher-mãe, e até das relações sociais.

No contexto do Iluminismo, o conjunto da obra rousseauniana questiona o poder da razão, a ordem institucional, o processo civilizatório e a educação vigente, fazendo oposição aos valores culturais da elite, como o luxo, as artes representativas e a educação refinada dos costumes, defendidos pelos refinados intelectuais, membros da República das Letras.[8] Nesse sentido, Rousseau se distancia dos philosophes e dos tratadistas educacionais, como Chales Rollin (1821) que, em seu Traité des études[9], defende, como Locke, o aperfeiçoamento da razão. E, mesmo caindo em aparentes aporias e paradoxos, Rousseau prefere abrir "um caminho novo no pensamento político e pedagógico, inserindo o sentimento como chave de compreensão e tomada de ações" (PAIVA, 2011, p. 14). Sobre suas contradições e paradoxos, há uma vasta produção acadêmica que questiona, por exemplo, o fato de Rousseau ter usado as letras e as artes para atacá-las. Mas, concordando com o crítico literário romeno Basil Munteano, na obra Solitude et contradictions de Jean-Jacques Rousseau (1975), o filósofo genebrino era um homem duplo e contraditório, mas que tinha consciência de suas contradições e até gostava, chegando ao ponto de desculpar-se por elas, dizendo de modo enfático: "perdoai meus paradoxos" (ROUSSEAU, 1973, p. 79).

Talvez o paradoxo mais polêmico, para o tema deste artigo, seja o caso de ter abandonado seus cinco filhos e escrito uma obra majestosa sobre a educação. Malgrado esse fato, que lhe é desfavorável do ponto vista moral, o que há no Emílio é uma reflexão filosófica, ou mesmo uma tese original, de que a chave da compreensão do homem e da própria sociedade está na infância, assumida como condição que mais se aproxima da tese do homem natural em todas as suas especificidades (DALBOSCO, 2011), cujo sentido vale por si mesmo, sem necessária correspondência com a vida privada do autor. Entre a defesa apologética e a falácia do argumentum ad hominem, é preciso evitar anacronismos e analisar o fato de que era comum desde o século XIV, ou antes, que os filhos de pobres e bastardos fossem enviados aos asilos. Já no século XVIII, de 21 mil crianças nascidas anualmente, 20 mil eram entregues a outrem (ARIÈS; DUBY, 1991, v. 2 e 3). Em 1746, o ano do nascimento do primeiro filho de Rousseau, havia 2.324 crianças abandonadas nas ruas de Paris e dessas apenas 950 foram

8 Termo cunhado no século XV e que sobreviveu até o XIX, tratando-se se de uma comunidade imaginada, composta por intelectuais de vários países que se encontravam nos salões e divulgavam seus trabalhos pelos periódicos engajados. Seus esforços culminaram com a publicação da *Enciclopédia*, organizada por Diderot.

9 O autor afirma que é importante raciocinar com as crianças para que elas possam agir de modo sério e sem gracejo, dando razão à boa conduta social. No original: "J'appelle parler raison aux enfants, agir toujours sans passion et sans humeur, leur rendre raison de la conduite qu'on garde à leur égard" (ROLLIN, 1821, p. 283).

recebidas no Orfanato e cuidadas por enfermeiras (CRANSTON, 1997). Nesse período histórico, a socialização da criança ainda seguia os moldes de uma educação medieval ou nas suas versões subsequentes (tradicionais), o que não possibilitava a preservação da natureza infantil (sua bondade) para que se favorecesse a consolidação de uma boa índole. Como diz Tomazelli (2009), os filhos que sobreviviam à primeira fase infantil eram levados para os internatos religiosos e instruídos numa educação rígida. Apenas algumas crianças mais abastadas que tinham direito a um preceptor (professor particular) e a uma educação mais cuidadosa. Os demais eram simplesmente introduzidos no mercado de trabalho, realizando atividades de adultos, e vindo a contrair diversos vícios e enfermidades.

Ainda sobre os paradoxos, antes da publicação do Emílio, a polêmica foi em torno de seus dois Discursos[10] nos quais defendeu que as ciências e as artes não haviam contribuído com o melhoramento moral; e que a sociedade aviltava o homem. Por tais teses assaz provocativas e que geraram muitas críticas em seu tempo, Rousseau passou a delinear uma sutil e nova visão de mundo para a qual uma nova educação se impunha: as pessoas nasciam boas e eram corrompidas pela sociedade, mas como não havia possibilidade de retorno ao estado natural, logo a saída só podia ser por um tipo de educação que, mesmo fornecida pelos adultos e pela própria sociedade, permitisse que as pessoas se desenvolvessem sem ser corrompidas pelos vícios (TOMAZELLI, 2009). Tal é a tarefa da "educação negativa", como foi chamada por Rousseau, a qual busca preservar a criança do erro, e não desenvolver o raciocínio antes do tempo, ou formar as virtudes pela via das lições morais. Como ele diz: "A educação primeira deve, portanto, ser puramente negativa. Ela consiste, em não ensinar a virtude ou a verdade, mas em preservar o coração do vício e o espírito do erro" (ROUSSEAU, 1973, p. 80).

Além das inúmeras críticas recebidas em seu tempo, outras tantas surgiram ao longo dos séculos, ressaltando o caráter abstrato do Emílio, bem como a impossibilidade de uma educação nessa perspectiva. Mesmo que o Emílio seja uma abstração,[11] uma categoria operatória pela qual o autor busca compreende o "ser" da criança e sua essência (BOTO, 2010),[12] não deixa de oferecer também possibilidades de realização prática, sobretudo quando analisamos as "experiências" pedagógicas protagonizadas por seus personagens. Porém, considerando a educação como uma arte, Rousseau não estava alheio às dificuldades da tarefa e sabia que o máximo que poderia ser feito era aproximar mais ou menos da meta. Ou seja, sua mensagem é a de que, mesmo que na prática não haja êxito total, vale a pena a tentativa e o esforço

10 Primeiro Discurso: *Discurso sobre as ciências e as artes*, publicado em 1750; e Segundo Discurso: *Discurso sobre as origens e os fundamentos da desigualdade entre os homens*, publicado em 1755.

11 "Tomei, portanto, o partido de me dar um aluno imaginário" (ROUSSEAU, 1973, p. 27).

12 A autora ainda diz: "Nesse sentido, o *Emílio* trairia seu título: seria um tratado sobre a infância – mais do que "da educação" (2010, p. 210).

no sentido de uma nova educação, a qual pode-se colocar como a única arte capaz de proporcionar o devido valor e o cuidado que a infância merece; além de ser o único modo de preservar no homem os elementos naturais que a Natureza lhe deu e que foram, fatalmente, obliterados pela ação de uma sociedade perdida em seu amor-próprio,[13] na corrupção e nas ilusões, possibilitando que esse novo elemento sobrepujasse o amor de si.[14]

Tanto o caráter inovador de seu pensamento quanto as críticas recebidas tiveram seu epicentro na "iluminação de Vincennes", relatada no Livro IX das Confissões, ocorrida em 1749, onde narra que por ocasião de uma visita ao amigo Diderot, preso na Torre de Vincennes, teve uma espécie de epifania no meio do caminho, enquanto descansava à sombra de uma árvore, e por ela passou a entender as contradições da vida social. A multidão de ideias que o invadiram permitiu-lhe entender o processo de inflamação das paixões, o desenvolvimento dos vícios e o abuso das instituições sociais. Malgrado o aparente pessimismo quanto à condição humana, entre essas ideias estava a de que a natureza humana é boa e, portanto, precisa ser preservada e bem conduzida por um processo educacional que siga o caminho que a natureza indica e que considere "o homem no homem e a criança na criança" (ROUSSEAU, 1973, p. 62).

Síntese que também ajuda a entender a posição de Rousseau frente à contradição que existia no século XVIII entre instrução e educação. O cenário pedagógico era dominado pela influência da Reforma e da Contrarreforma, que defendiam uma visão pedagógica evangelizadora com a qual seria possível renovar o mundo pela remodelação dos costumes infantis (PY, 1997). À frente dessa tendência estavam os jesuítas, que rejeitaram a proposta do Emílio e se manifestaram contra ele no periódico da Ordem, o Journal de Trévoux, classificando-o como um "tratado quimérico de educação" (idem, p. 22), bem como uma obra perniciosa porque valorizava a espontaneidade da criança e sua bondade natural. Além dos

13 *Amour-propre* é um sentimento não-natural que nasce, portanto, das relações sociais e que faz alguém se sentir vaidosamente superior a outrem, podendo tornar-se agressivo no sentido que querer o domínio sobre o outro.

14 *Amour de soi* (*amor de si mesmo*) é a primeira disposição natural, e única inata ao homem, que o leva a cuidar de sua preservação e seu bem-estar. Considerado como uma "paixão" natural, Rousseau (1973, p. 232) o aponta como a "fonte de nossas paixões". A *Pitié* (*piedade, compaixão, comiseração*), derivada do *amor de si* é, portanto, um sentimento relativo

jesuítas, os oratorianos[15], os jansenistas[16] e um grande número de pedagogos[17] que também viam o ato educacional pela mesma perspectiva, ou seja, como instrução e como correção do mal. Mesmo que houvesse nas escolas tradicionais os momentos recreativos, separados para um passeio, um jogo e alguma outra atividade prazerosa, eram feitos sob constante vigilância e controle. Basta ler o Ratio Studiorum[18] para se ter uma ideia, pois os métodos eram elaborados dentro de um esquema rígido de repetição e revisão do conteúdo, para o qual eram aplicados exercícios de memorização dos assuntos estudados, sob a estrita supervisão do mestre.[19] Para ilustrar, uma das principais regras do método de ensino jesuítico dizia: "Na primeira hora da tarde recite-se de cor o poeta ou o autor grego enquanto o Professor revê as notas dos decuriões e corrige os exercícios escritos que foram passados pela manhã ou ainda restaram dos trazidos de casa" (FRANÇA, 1952, p. 200).

Ou seja, o objetivo central desse tipo de escola era criar um universo purificado, no qual a criança pudesse desenvolver-se sem a contaminação do pecado e devidamente polida para "fazer uma melhor figura" (SNYDERS, 1965, p. 58) perante a sociedade, bem como um homem de virtudes cristãs. Não muito diferente da tendência mais liberal que já podia ser prospectada nas obras de alguns autores,

15 A Congregação do Oratório, também conhecida como Oratorianos ou Ordem de São Filipe Néri, é uma sociedade de vida apostólica fundada em 1565, em Roma, por São Filipe Néri, para clérigos seculares, sem votos de pobreza e obediência, dedicando-se à educação cristã da juventude e do povo e a obras de caridade. Em 1599, o Cardeal Pierre de Bérulle (1575-1629) fundou na França uma sociedade semelhante. As *Congregações do Oratório*, independentes umas das outras, mas cultivando o mesmo espírito, multiplicaram-se sobretudo em França, Itália, Portugal e Espanha, exercendo notável influência até princípios do século XIX.

16 Doutrina do bispo Cornélio Jansênio (1585-1638), que tenta retomar a doutrina agostiniana, principalmente na tese de que o pecado original fez com que o homem ficasse incapaz ao bem e inclinado ao mal (ABBAGNANO, 2000, p. 588, no verbete *Jansenismo*).

17 Entre eles, Liévin-Bonaventure Proyart (1743-1808): "*De l'éducation publique et des moyens d'en réaliser la réforme projetée dans la dernière assemblé générale du clergé de France"* (Paris, 1785) ; Charles-Robert Gosselin (s/d): "*Plan d'éducation, en réponse aux Académies de Marseille..."* ; Henri Griffet (1698-1771): "*Lettre à Mr. D*** sur le livre intitulé : Emile, ou de l`éducation..."* ; Charles Rollin (1661-1741): "*Traité des études"* e muitos outros citados por Snyders (1965) e Py (1997).

18 *Ratio Studiorum et Institutiones Scholasticae Societatis Jesu,* ou Plano de Estudos da Companhia de Jesus, foi um Código de ensino elaborado para as mais de 700 casas de ensino que Companhia mantinha, em 1750, espalhadas pelo mundo. O método passou para várias versões, tendo a definitiva ficada pronta em 1599.

19 Para citar um exemplo, Snyders (1965, p. 97) transcreve um trecho da obra *Géographie universelle*, de P. Buffier, no qual é visível o esforço para que os alunos "decorem" as informações. Por questão de rima preferimos deixar o texto no original:

"La Hollande ou plutôt lês Provinces Unies Comptent Utrecht pour une entre leurs sept parties;Amsterdam, Rotterdam et La Haye en Hollande,Nidelbourg se distingue aux îles de Zélande.Dans la Gueldre Nimègue et comté de Zutphen ;Ev Over-Issel, Deventer ; en Frise Leuvarden;Groningue en est encore. L'Ecluse et Sas de Gand En Flandre ; puis Maestricht ; Bolduc dans le Brabant."

como Erasmo,[20] Malebranche[21] e Fénelon[22], os quais, mutatis mutandis, interpretavam a infância como uma fase "charmosa" (Idem, p. 275), inocente e sensível, mas que deveria ser submetida à aprendizagem estrita das regras de civilidade. Em outras palavras, defendiam uma educação que primasse pelas boas maneiras e pelo bom comportamento das crianças na sociedade, e que formasse o "cidadão perfeito, segundo o modelo das cortes francesas do Antigo Regime" (KAWAUCHE, 2021, p. 246). Essa educação, como criticou Rousseau no início do Emílio, tendia para fins contrários e formava "homens de duas caras" (ROUSSEAU, 1973, p 14). De modo que suas críticas se dirigiam aos homens de sua época: o "homem civil nasce, vive e morre na escravidão: ao nascer, costuram-no num cueiro, ao morrer, encerram-no num caixão; enquanto conserva sua figura humana está acorrentado a nossas instituições" (Idem, p. 17). O que mostra que ele percebia o processo social e entendia como o mesmo antagonizava a natureza humana frente à civilização/sociedade.

Citando Hauser (1995), Dozol (2015, p. 22) afirma que a expressão de Rousseau foi representativa de "uma filosofia da história a partir do "sentimento de mal-estar com a civilização", o que permitiu que suas reflexões, bastante diferentes para sua época, expressassem as nuances de um pensamento que preconizava uma nova forma de pensar a natureza dos sujeitos e, consequentemente, uma nova forma de se conceber a infância e sua educação, configurando-se como importante marco à Pedagogia, sobretudo por ter sustentado um conjunto de fundamentos (aqui denominados de prerrogativas) que procurava enterrar a ideia de vícios, má inclinação e pecado original, vinculada às crianças. As prerrogativas que vamos delinear abaixo, embora possam ser consideradas como recortes localizados e não trazerem nada original, cumprem o papel de apresentar alguns aspectos educativos desse importante filósofo da educação, assim como o de auxiliar o trabalho formativo de professores, sobretudo ao fazer entender o lugar de Rousseau na formação de uma nova base pedagógica preocupada com a natureza humana e seus desdobramentos na sociedade.

20 Erasmo de Roterdã (1466-1536), teólogo e filósofo humanista holandês, que escreveu a obra *De pueris statim ac liberaliter instituendis* com um plano de estudos.

21 Nicolas Malebranche (1638-1715), filósofo e teólogo francês e provavelmente o maior expoente do *ocasionalismo* (Doutrina segundo a qual a única causa de todas as coisas é Deus. Fonte: ABBAGNANO, 2000). Segundo Snyders (1965, pp. 150-154), o autor de *Recherche de la Vérité* e *Traité de Morale* valoriza os estudos matemáticos e históricos, além de defender o fim das punições e recompensas.

22 François de Salignac de La Mothe-Fénelon (1651-1715), teólogo católico, poeta e escritor francês, cujas ideias liberais sobre política e educação esbarravam contra os princípios defendidos pela Igreja. Pertenceu à Academia Francesa de Letras. No *Traité de l'éducation des filles*, o autor defende que a liberdade e a alegria devem fazer parte do trabalho educativo (SNYDERS, 1965, p. 154-159).

Prerrogativas

Numa abordagem lírica, elaborada a partir de suas próprias vivências junto à natureza e inspirada nos jardins, nos bosques e nas paisagens campestres, a nova base pedagógica pensada por Rousseau enfatiza a importância de se preservar o estado natural da infância, desde o nascimento. Premissa que sustenta a primeira prerrogativa, relacionada à concepção de criança e de sua educação: *A centralidade da marcha da natureza.* Diante da impossibilidade de retornar à época de inocência e de igualdade, como ele diz em sua obra tardia *Rousseau juge de Jean-Jacques* que "a natureza humana não retrocede e nunca voltamos aos tempos de inocência e igualdade quando nos afastamos deles" (ROUSSEAU, 1964, p. 935), a adequação do homem à realidade social pode ser feita de um modo sistemático[23] mas de tal forma que a desnaturação não o desfigure, se seguir as indicações da própria natureza, em seu ritmo próprio, retardando o máximo possível o suplemento da educação dos homens. Centrada nessa "marcha", o processo educativo se desenvolve observando as "leis"[24] que amparam a maturação biológica da criança, suas necessidades e seus interesses, seguindo a trajetória natural da bondade, isto é, da marcha da natureza: "uma criança inclina-se portanto naturalmente para a benevolência, pois vê que tudo que se aproxima dela é levado a assisti-la; ela tira assim, dessa observação, o hábito de um sentimento favorável à sua espécie" (ROUSSEAU, 1973, p. 233).

O que fortalece a interpretação de Claparède (1968) ao dizer que essa perspectiva está baseado em uma "concepção funcional da infância" que se ampara na seguintes leis: *a lei da sucessão genética*, que diz respeito às etapas do desenvolvimento interno de nossos órgãos e faculdades; *a lei do exercício genético-funcional*, que tem a ver com os movimentos corporais e a liberdade; *a lei da adaptação funcional*, que explora o interesse e as necessidades da criança; *a lei da autonomia funcional*, que trata da incompletude da infância, mas julgada por seu próprio ponto de vista; e *a lei da individualidade*, que ressalta as diferenças individuais. Como diz ainda o pedagogo suíço, "pela primeira vez a arte de educação se funda numa concepção científica da infância"[25] (CLAPARÈDE, 1968, p. 103).

23 No Prefácio do *Emílio*, o autor diz: "Em relação ao que chamarão a parte sistemática, que não é outra coisa senão a marcha da natureza, será o que mais desnorteará o leitor; por aí é que me atacarão sem dúvida e talvez tenham razão. Acreditarão menos ler um tratado de educação que os devaneios de um visionário sobre a educação" (ROUSSEAU, 1973, p. 6).

24 O termo "lei" tem em Rousseau um sentido amplo. No estado civil é, obviamente o ordenamento jurídico elaborado pelo povo e para o povo. No estado natural, se refere ao ordenamento e a dinâmica biofísica do universo e aos sentimentos naturais do homem, pincipalmente o *amor-de-si* e a *piedade*, dos quais derivam as "leis do coração", isto é, as leis da consciência. Mas isso não faz de Rousseau um jusnaturalista, pois no prefacio do *Segundo Discurso*, o autor já descarta a existência da Lei Natural (no sentido jurídico dado pelo jusnaturalismo).

25 Tradução livre de: "Chez Rousseau, au contraire, nous voyons, pour la première fois, l'art d'éducation fondé sur une conception scientifique de l'enfant".

Mesmo assim, não se trata de uma educação *positiva*, mas de uma natural e *negativa*, como Rousseau as diferencia muito bem na *Lettre à Christophe de Beaumont*:

> Eu chamo de educação positiva aquela que tende a formar a mente antes da idade e a dar à criança o conhecimento dos deveres do homem. Eu chamo de educação negativa aquela que tende a aperfeiçoar os órgãos, instrumentos de nosso conhecimento, antes de nos dar este conhecimento e que prepara para a razão pelo exercício dos sentidos. A educação negativa não é ociosa, longe disso. Não dá virtudes, mas evita vícios; não aprende a verdade, mas preserva do erro. Dispõe a criança para tudo que a pode conduzir à verdade quando pode ouvi-la, e ao bem quando pode amá-la (ROUSSEAU, 1969, p. 945 – tradução livre).

A educação *negativa* ou *natural* – que é o princípio fundamental encontrado na ficção pedagógica do *Emílio* –, desenvolve-se na interação com o mundo sensível.[26] Cabendo à família, sobretudo à mãe, essa interação educativa proporcionada pelos "mestres"[27] evidencia de modo inédito os processos biológicos e sensitivos da criança, dando atenção a todas as fases cognitivas. Embora a ideia de observar a própria natureza já estivesse presente em alguns pensadores, como em Montesquieu; e mesmo que as fases do desenvolvimento humano já fosse um assunto discutido entre médicos, educadores e filósofos[28], é Rousseau quem mais sistematiza a ideia, contribuindo para ressaltar sua importância não apenas para a educação, como para a medicina e à própria filosofia.

O "charme" (SNYDERS, 1965) e a "originalidade" (PY, 1997) do conceito rousseauniano reside no fato de considerar a infância como um período de carências e necessidades específicas que merece uma especial atenção por parte dos adultos – aspecto determinante para o trabalho do preceptor em relação ao Emílio, principalmente no que diz respeito à formação inicial, cujas carências e necessidades devem ser supridas sem contrariar a natureza, mesmo que seu objetivo seja o de preparar o educando para viver em sociedade. Ao dizer que os primeiros mestres de filosofia seriam os pés, as mãos, os olhos; e que: "Substituir tudo isso por livros, não é ensinar-nos a raciocinar, é ensinar-nos a nos servirmos da razão de outrem"

26 "É pelo efeito sensível dos sinais que as crianças aferem seu sentido" (ROUSSEAU, 1973, p. 58).

27 "Essa educação nos vem da natureza, ou dos homens ou das coisas. O desenvolvimento interno de nossas faculdades e de nossos órgãos é a educação da natureza; o uso que nos ensina a faze desse desenvolvimento é a educação dos homens; e o ganho de nossa própria experiência sobre os objetos que nos afetam é a educação das coisas" (ROUSSEAU, 1973, p. 10/11).

28 Alguns temas eram comuns desde o século XVI, como a comparação da educação com a arte agrícola, ou com um conjunto de passos evolutivos ou fases de uma longa etapa. Quanto ao primeiro aspecto, Montaigne (2004) diz no Cap. XXVI, dos *Ensaios*: "Mas na realidade disso só entendo que a maior e mais importante dificuldade da ciência humana parece residir no que concerne à instrução da criança. O mesmo acontece na agricultura: o que precede à semeadura é certo e fácil; e também plantar. Mas depois de brotar o que se plantou, difíceis e variadas são as maneiras de tratá-lo. Assim os homens: pouco custa semeá-los, mas depois de nascidos, educá-los e instruí-los é tarefa complexa, trabalhosa e temível" (p. 150). O autor segue fazendo várias considerações nas quais fala de "marcha", "ritmo", "subidas", "caminho" e "faculdades de seu próprio espírito" que sugerem um processo gradual. Segundo Py (1997, p. 285), o médico Simon de Vallembert, em 1565, admitia quatro fases.

(ROUSSEAU, 1973, p. 121), sua intenção não era a de condenar os livros[29] e a educação letrada, mas de ressaltar que essa marcha deve ter início com as experiências sensíveis e por elas preservar o coração humano da perversão, fechando a entrada aos vícios[30] em sua trajetória.

Essa ideia consolida a *segunda prerrogativa* relacionada à concepção de infância e de sua educação: *A importância da ação do adulto.* Rousseau foi o primeiro a propor que os genitores retomassem suas funções paternas impostas pela própria natureza, as quais, em função da vida em sociedade, foram deixadas de lado, como o hábito da amamentação. Ele enfatizou a importância do adulto e da família, dando destaque à presença feminina[31] na criação e na socialização da criança, como únicos capazes de evitar a formação dos maus hábitos. A família influi significativamente na formação progressiva da identidade da criança, a qual se dá na ordem social, porém com elementos para resistir à influência das paixões, isto é, dos malefícios oriundos do turbilhão social. Cabe, portanto, à família agir contra a formação dos vícios entre os filhos, protegendo "o mundo da criança contra o artificialismo e a dissimulação das relações sociais provocadas pelo 'caráter espetacular' do mundo adulto", como bem afirma Dalbosco (2009, p. 178).

Diante disso, muitos defendiam a exigência de se educar uma criança isolando-a completamente do mundo exterior, como era a tese dos Jesuítas, apoiada por Malebranche,[32] Bossuet[33] e até Pascal.[34] Do mesmo modo, alguns romances pedagógicos defendiam um isolamento virtuoso, como o *L'Homme Sauvage*, de Mercier.[35] Isto é, uma "precaução pedagógica" que, na verdade, resultava em uma "precaução inútil", como diz Martin (2012), e que não conseguia o intento de formar a virtude. O que ocorre no *Emílio* é, na verdade, um "distanciamento da urbanidade" (PAIVA, 2010) que resulta em um isolamento relativo, mas que se encaminha gradativamente à inserção social.[36] Martin (2012, p. 57) diz: "Faremos aqui a hipótese

29 Como afirma Rousseau (1999, p. 302): "Esperando, escreverei livros, comporei versos e música, caso tenha para isso talento, tempo, força e vontade, e continuarei a dizer, com toda a franqueza, todo o mal que penso das letras e daqueles que as cultivam, tendo certeza de não valer menos por isso. É verdade que um dia poderão dizer: 'Esse inimigo tão declarado das ciências e das artes, todavia, fez e publicou peças de teatro', e tal discurso constituirá, confesso, uma sátira muito amarga, não a mim, mas a meu século".

30 "Fermez donc l'entrée au vice et le cœur humain sera toujours bon" (ROUSSEAU, 1969, p. 945).

31 "A educação primeira é a que mais importa, e essa primeira educação cabe incontestavelmente às mulheres: se o Autor da natureza tivesse querido que pertencesse aos homens, ter-lhes-ia dado leito para alimentarem as crianças" (ROUSSEAU, 1973, p. 9).

32 Nicolas Malebranche (1638-1715); filósofo racionalista e padre francês.

33 Jacques-Bénigne Bossuet (1627-1704), bispo e teólogo francês.

34 Blaise Pascal (1623-1662), polímata francês.

35 Louis-Sébastien Mercier (1740-1814), escritor e dramaturgo francês.

36 "Emílio não é um selvagem a ser largado no deserto, é um selvagem feito para viver na cidade" (ROUSSEAU, 1973, p. 225). "Emílio não é feito para permanecer sempre solitário; membro da sociedade, deve cumprir seus deveres" (ROUSSEAU, 1973, p. 379).

de que, desse ponto de vista, a importância do *Émile* é, sem dúvida, ter completado o processo de disjunção entre a ficção do isolamento pedagógico virtuoso e o topos da precaução inútil".[37] E nada disso é possível sem se manter um núcleo de cuidados para com a criança, proporcionado pelos adultos.

Ao falar desse cuidado, o clamor de Rousseau, no *Emílio*, visa a família, e posteriormente o mestre ou o tutor, os quais devem estabelecer desde cedo, "um cinto de muralhas ao redor da alma" (ROUSSEAU, 1973, p. 10) da criança. O condutor do processo, o preceptor, não é um "mestre" no sentido daquele que impõe sua vontade, que ensina de modo impositivo e diretivo, mas daquele que interpreta a natureza e segue sua rota. O envolvimento dessa figura "sábia e sedutora" (STAROBINSKI, 1991) é constante ao longo da obra, evocando a necessidade de alguém que possa interpretar os desígnios da natureza e possibilitar o equilíbrio entre as necessidades físicas e as morais. Daí a importância de uma sábia intermediação que possa bem encaminhar a imaginação, os desejos e até as fantasias,[38] sempre analisando as circunstâncias que cercam a criança[39] e contribuem com seu bom desenvolvimento.

O que nos leva a uma *terceira prerrogativa* que fortalece a especificidade dessa faixa etária: *A infância como etapa singular no processo de desenvolvimento humano*. O autor ajudou a compor a ideia que a infância é uma fase dotada de um valor e de uma beleza em si mesma. Esta prerrogativa reforça a ideia de que a criança é um ser singular, que precisa ser respeitada e valorizada: "A humanidade tem seu lugar na ordem das coisas; a infância tem o seu na ordem da vida humana; é preciso considerar o homem no homem e a criança na criança" (ROUSSEAU*,* 1973, p. 61-2). De modo que, como já foi dito, sua socialização deve ser cuidadosa, bem equilibrada entre o sensível e o inteligível, respeitando os aspectos biológicos, psicológicos, epistemológicos, morais e estéticos que lhe são próprios. Pois, como ainda diz Rousseau (1973, p. 75), "a natureza quer que as crianças sejam crianças antes de ser homens", pelo simples fato de que "a infância tem maneiras de ver, de pensar, de sentir que lhe são próprias". Tal como o homem natural, a criança possui uma forma original no momento em que vem ao mundo e que conserva até certa idade, quando as influências externas impõem regras distintas da natureza e introduzem um mundo de artificialidade que ela não pode ainda compreender.

Portanto, o Emílio é apresentado como um arquétipo do homem natural, que por estar exposto às tensões entre sua natureza (criança) e a cultura (educação), permanece, ao mesmo tempo, entre os dois polos, opostos e complementares, num

37 Tradução livre de: "On fera ici l'hypothèse que, de ce point de vue, l'importance de l'Émile est sans doute d'avoir achevé le processus de disjonction entre la fiction de l'isolement pédagogique vertueux et le topos de la précaution inutile".

38 "O homem deve portanto ter mais vontades e a criança mais fantasias" (ROUSSEAU, 1973, p. 67).

39 "Vossa conduta com vosso aluno depende muito, nisso, de sua situação particular, da sociedade que o cerca, das circunstâncias em que prevemos que poderá encontrar-se" (ROUSSEAU, 1973, p. 238).

processo conflituoso. Conflito que se resolve quando Rousseau propõe uma ação pedagógica sensível que ajude a criança a lidar com suas sensações e emoções, formando as impressões que afetam o seu intelecto e a sua moral. Essa proposta se organiza nas etapas cognitivas que se desenvolvem ao longo dos cinco livros que compõem seu tratado, no qual vamos encontrar as cinco fases ou estágios evolutivos do fenômeno educativo: A primeira fase, que é a primeira etapa da *idade da natureza*, corresponde ao Livro I, que trata dos dois primeiros anos de vida da criança, ressaltando o valor da liberdade e dos movimentos físicos; da relação constante com a mãe; e a importância da ação dos três mestres no processo de desnaturação, protegendo a "plantinha" de uma possível degeneração – física e moral. No estágio seguinte, que é a segunda etapa da *idade da natureza* e que corresponde ao Livro II do *Emílio*, abrangendo a faixa dos dois aos doze anos, a criança desenvolve a fala e outras habilidades sensitivas que levam ao fim da infância. Nesse período, cultivam-se bem a força, a vontade e a imaginação, além de regrar[40] a liberdade, pois a criança precisa aprender os limites do mundo real. No Livro III, a terceira fase, que é a *idade da força*, isto é, uma espécie de extensão da infância que se prolonga entre os doze e os quinze anos, o sensível começa dar lugar ao abstrato.[41] A educação deve proporcionar experiências úteis ao desenvolvimento de seu raciocínio, da imaginação e da capacidade de compreender o real por si mesmas.[42] Nesse estágio Emílio já é introduzido ao mundo representação,[43] mas é no Livro IV, a etapa seguinte, que vai dos quinze aos vinte anos, e denominada de *idade da razão e das paixões*, que os princípios da sociabilidade devem ser desenvolvidos com maior ênfase a fim de educar as paixões e o *amor próprio.* E no último estágio, que corresponde ao Livro V e a idade adulta, denominada de *idade da sabedoria e do matrimônio*, a formação da família que é, segundo ele, a primeira instituição social, que acontece a inserção social plena.

A infância se afirma na idiossincrasia de seu estado que, diferente da ideia de pequeno adulto, ou adulto inacabado, reclama seu valor próprio e seu modo específico de ser. Ao introduzir essa nova compreensão da infância, Rousseau defende as sensações como primeiro material do conhecimento, negando o inatismo;

40 A ideia de *liberdade bem regrada* se desenvolve em vários trechos, dos quais citamos o seguinte: "O espírito dessas regras está em conceder às crianças mais liberdade verdadeira e menos voluntariedade, em deixá-las com que façam mais por si mesmas e exijam menos dos outros. Assim, acostumando-se desde cedo, a subordinar seus desejos a suas forças, elas sentirão pouco a privação do que não estiver em seu poder" (ROUSSEAU, 1973, p. 50).

41 "Transformemos nossas sensações em ideias, mas não pulemos de repente dos objetos sensíveis aos objetos intelectuais. É pelos primeiros que devemos chegar aos outros" (ROUSSEAU, 1973, p. 175).

42 "Não se trata de ensinar-lhe as ciências e sim de dar-lhe inclinação para as amar e métodos para as aprender, quando a inclinação se tiver desenvolvido bastante" (ROUSSEAU, 1973, p. 180).

43 Salinas Fortes (1979, p. 81- grifo do autor) chega a dizer: "Ora, no lugar de um tratado que nos mostraria friamente como se dispõe esta ordem [da natureza] teremos dela uma *representação*, uma 'mise en scène' e o livro [*Emílio*] todo será construído tendo como paradigma o teatro".

e a afetividade, como o principal canal da socialização. O equilíbrio na sucessão das fases se dá à medida que as peculiaridades são observadas, valorizadas e até implementadas. Por exemplo, a curiosidade, a vivacidade e a imaginação não podem ser desperdiçadas nessa fase, mas potencializadas pedagogicamente com os recursos da natureza.[44]

O que nos conduz à *quarta prerrogativa* da concepção de infância e de sua educação: *A criança é um território de potencialidades*. Isso significa que em cada fase da infância é preciso que a educação a atenda em suas necessidades, permitindo que a criança aprenda as coisas a seu tempo, de forma a se trabalhar seus limites, mas também a ampliar suas possibilidades a fim de melhor explorar esse território potencial (DOZOL, 2015). Mas essa "direção", como diz Vargas (1995, p. 18) "não se dá pela força, mas implica o concurso harmonioso dos três mestres".[45] No campo da Pedagogia, o processo exige certa sensibilidade pedagógica do educador/tutor, em compreender essa "direção" em sua especificidade biológica, de modo a acompanhá-la de forma gradual, identificando as situações vividas pela criança, pois é nessas vivências que se encontra o potencial do desenvolvimento cognitivo, pelo qual Piaget desenvolveu sua epistemologia genética, dando atenção ao clamor de Rousseau no *Emílio*: "Observai a natureza e segui o caminho que ela vos indica" (ROUSSEAU, 1973, p. 22).

No entanto, observar a natureza não significa passividade ou espontaneísmo, mas uma ação humana que preserve o equilíbrio dos três mestres – a natureza, as coisas e os homens –, ao mesmo tempo que explore as faculdades nascentes em cada etapa. Nessa "tríade pedagógica" (PAIVA, 2021), a *natureza*, enquanto um dos "mestres", age nos "sentidos e órgãos, também é processada pelas faculdades cognitivas e intelectuais de cada indivíduo" (MEDINA, 2011, p. 3131). No eu (criança) há a expansão do processo de desenvolvimento, incluindo o intelectual e o psíquico, cuja potencialidade pode ser bem conduzida, ou não, dependendo da ação dos demais "mestres". A educação pelas *coisas*, que é o segundo "mestre", relaciona-se às experiências sensitivas da criança e, para tanto, considera como ponto de partida do ato educativo o mundo da criança, com seus "respectivos limites e potencialidades ou disposições naturais" (DALBOSCO, 2009, p. 179). Pelas *coisas,* isto é, pelos objetos é que a criança aos poucos compreende a realidade, não apenas no sentido de construção do pensamento, como defendeu Piaget (1994), mas no sentido de ampliação de seu potencial cognitivo atrelado ao desenvolvimento dos sentidos (sensibilidade passiva). A educação dos *homens* apoia o desenvolvimento das relações humanas em geral, portanto, nessa relação a socialização da criança avança, seguido o processo etário,[46] conforme a ação das pessoas com as quais ela está envolvida.

44 Como diz Lefebvre (1997), a natureza se abre para as sensações estéticas e se revela como o local onde se revelam ao espírito os mistérios do mundo.

45 Tradução livre de: "Cette 'direction' n'est pas donnée dans le force même, elle implique le concours harmonieux des trois éducations".

46 "Tratai vosso aluno segundo a idade" (ROUSSEAU, 1973, p. 76).

Nesse caso, a ação do preceptor, como descrita no *Emílio*, enfatiza a necessidade de se saber conduzir o processo com situações pedagógicas potencializadoras, para as quais valem as experiências empíricas, o jogo, o brinquedo, a encenação, a negociação e toda sorte de "sedução" didática que possa envolver a criança de forma lúdica e prazerosa, suprindo suas carências.[47] Nisso, as interações entre a natureza, as coisas e os homens também se relacionam aos efeitos morais observados no desenvolvimento da criança, que se devem, sobretudo em sua fase inicial, ao modo como o adulto intervém no mundo da criança. Tais interações não dever induzir o desenvolvimento pleno da razão, mas podem iniciar a aprendizagem dos preceitos morais (sensibilidade ativa), como ocorre no *Episódio das Favas*,[48] no qual o preceptor faz uma introdução prática do princípio da propriedade, mas que no fundo traz uma lição de ética importante, pois como diz Dalbosco (2007), as carências e fragilidades podem se tornar em forças impulsionadoras da sociabilidade.

Desse modo, configura-se a *quinta prerrogativa* que aqui apresentamos: *A infância é a fase da inocência e o "sono da razão"*. Como vimos, Rousseau é contrário à ideia do pecado original e da visão medieval da criança como um pequeno ser moralmente enfermo, cujo mal deva ser tratado por uma educação moral impositiva ou ainda curado pelo sacramento batismo, como diz o próprio Agostinho, em suas *Confissões* (1973).[49] Rousseau (1973, p. 78) defende a máxima de que "não existe perversidade original no coração humano" e, portanto, a criança é inocente e assim deve ser preservado ao máximo possível.[50] Já a ideia de "sono da razão" não significa morte da razão, pois aquilo que dorme ora ou outra pode ser despertado, mas não de forma abrupta e sim de modo paulatino, gradual e respeitando os passos da natureza. Isto é, um processo maturacional que retarda ao máximo o despertar da razão, permitindo-o ao fio das interações que "afetam" nossos sentidos:

> Nascemos sensíveis e desde o nascimento somos molestados [affectés] de diversas maneiras pelos objetos que nos cercam. Mal tomamos por assim dizer a consciência de nossas sensações e já nos dispomos a procurar os objetos que as produzem ou a deles fugir, primeiramente segundo nos sejam elas agradáveis ou desagradáveis, depois

47 Diz Rousseau, no Emílio: "Nascemos fracos, precisamos de força; nascemos desprovidos de tudo, temos necessidade de assistência; nascemos estúpidos, precisamos de juízo. Tudo o que não temos ao nascer, e de que precisamos adultos, é-nos dado pela educação" (ROUSSEAU, 1973, p. 10).

48 O trecho do *Episódio das Favas* faz parte do Livro Segundo do *Emílio*, relatado nas páginas 85, 86 e 87 da versão brasileira, de Sérgio Milliet (ROUSSEAU, 1973). Nesse episódio, o preceptor age de forma sutil para introduzir uma das mais importantes lições morais: "a única lição de moral que convém à infância, e a mais importante em qualquer idade, é a de não fazer mal a ninguém" (ROUSSEAU, 1973, p. 94).

49 "Quem me poderá recordar o pecado da infância, já que ninguém há que diante de Vós esteja limpo (...)? Assim, a debilidade dos membros infantis é inocente, mas não a alma das crianças" (AGOSTINHO, 1973, p. 30).

50 Rousseau diz no *Emílio*: "Só vejo um bom meio de conservar a inocência das crianças; é respeitarem-na todos os que a cercam, e amá-la" (ROUSSEAU, 1973, p. 238).

> segundo a conveniência ou inconveniência que encontramos entre esses objetos e nós, e, finalmente, segundo os juízos que fazemos deles em relação à ideia de felicidade ou de perfeição que a razão nos fornece. Essas disposições se estendem e se firmam na medida que nos tornamos mais sensíveis e mais esclarecidos; mas, constrangidas por nossos hábitos, elas se alteram mais ou menos sob a influência de nossas opiniões. Antes dessa alteração, elas são aquilo que chamo em nós a natureza (ROUSSEAU, 1973, p. 12).

Assim entendendo, a criança deve ser bem conduzida pela passagem da "razão sensitiva" à "razão intelectual", que só pode ser realizada, em sentido amplo, via processo formativo e pedagógico, conforme princípios da educação natural, aqui já expostos. Pois, ao ser "batizada" pela natureza, a criança desenvolve sua sensibilidade e, por ela, a "razão sensitiva", tornando-se capaz de controlar e educar seu *amor-próprio*. Esse seria o caminho natural para superar a fase "sonolenta" da razão, fortalecendo sua psique contra a "invasão perversa" da sociedade" (DALBOSCO, 2011) e até mesmo contra as injustiças. Como diz Spector (2012, p. 26), "mesmo que recuse todo doutrinamento precoce, Rousseau porém considera logo no início do *Emílio* uma primeira educação à justiça".[51] Entretanto, o faz de modo sutil, poético e didaticamente bem posicionado à infância em sua especificidade e beleza.

O que gera a *sexta prerrogativa*, como extensão mesma da quinta: *A infância inspira seu próprio cuidado e transparece sua beleza*. Pois, a linguagem poética do *Emílio* faz transparecer uma beleza e uma inocência da infância que inspira o prazer de vivê-la. Essa fruição estética nos persuade facilmente do cuidado que a ela devemos, enquanto adultos; bem como nos inspira por sua beleza intrínseca. Por isso, é primordial cultivar a "planta" em seu próprio habitat, isto é, nos ambientes mais naturais possíveis. Depois, o cuidado deve ser com o despertar da racionalidade, evitando a via da razão intelectiva, cartesiana, abstrata e sem conexão com a realidade concreta (PAIVA, 2021). A via apropriada é a dos sentidos, os quais embasam o desenvolvimento de uma razão sensitiva: "Como tudo que entra no conhecimento humano entra pelos sentidos, a primeira razão do homem é uma razão perceptiva;[52] é ela que serve de base para a razão intelectual: nossos primeiros mestres de filosofia são nossos pés, nossas mãos, nossos olhos". (ROUSSEAU, 1973, p. 121). Aliás, uma via que inspirou e ainda inspira a pedagogia no seu *modus operandi* para com a infância: o respeito à sua pureza, o trato com o lúdico e com as brincadeiras, conduzidas por jardineiros sensíveis e por educadores amorosos. Enfim, a didática de uma educação prazerosa, com o máximo de liberdade e, se possível, com maior proximidade da natureza. De modo que "os primeiros exercícios do espírito', as cores e o movimento, a luminosidade, as brincadeiras, o silêncio de

51 Tradução livre de: "Alors, même qu'il refuse tout endoctrinement précoce, Rousseau envisage donc très tôt dans l'*Émile* une première éducation à la justice" (Referindo-se ao *episódio das favas*).

52 No original: "raison sensitive" (ROUSSEAU, 1969, p. 370).

'aura comeniana' que compactua com a concentração necessária para aprender conteúdos culturais (DOZOL, 2015, p. 30), sejam algo sempre presente.

Porém, mesmo nessa "fruição" estética, retoma-se a importância do cuidado do adulto como fundamental para que a liberdade da criança não seja sacrificada e nem, tampouco, desregrada, a fim de que seu devir seja de fato o de um ser autônomo. Configura-se, assim, uma *sétima prerrogativa* da concepção de infância e de sua educação: *É imperativa a busca da autonomia e da liberdade.* Mesmo que Rousseau defenda, no *Emílio*, que a educação da primeira infância caberia aos pais, e que a criança devesse ser cercada de cuidados, dada sua fraqueza e suas necessidades, à medida que ela se desenvolve, sua dependência deve diminuir. Portanto, a educação deve proporcionar os meios para que a criança se desenvolva não como um ser passivo e dependente, mas como um ser livre e autônomo. Ao louvar os selvagens americanos por serem contrários ao uso de faixas nas crianças — algo comum na França e em toda a Europa —, Rousseau denuncia essa espécie de "aprisionamento" infantil e nos brinda com um libelo à liberdade:[53] "mal a criança sai do seio da mãe, mal goza a liberdade de se mexer e distender seus membros, já lhe dão novas cadeias. Enrolam-na em faixas, deitam-na em faixas (...), envolvem-na em toda espécie de panos e tiras que não lhe permitem mudar de posição" (ROUSSEAU, 1973, p. 17). E sentencia, logo depois: "os países onde enfaixam as crianças são os que mais exibem corcundas, mancos, cambaios, raquíticos, aleijados de todo o tipo" (Idem, p. 18).

Entretanto, conduzir a criança no caminho da natureza não é deixá-la crescer sem regras, mas possibilitar que sua liberdade seja bem regrada, como ideal normativo regulador da autonomia. Diz Rousseau (1973, p. 67 – grifo nosso): "O homem realmente livre *só quer o que pode* e faz o que lhe apraz. Eis minha máxima fundamental. Trata-se apenas de aplicá-la à infância, e todas as regras da educação vão dela decorrer". Assim, autonomia deve ser entendida como a habilidade de aprender por si mesma,[54] bem como a capacidade de pensar e decidir por conta própria, com base em argumentos racionais, com poder de esclarecimento e persuasão. De modo que a essência da educação natural ou negativa é de bem articular a adaptação da criança, com menos voluntariedade e mais liberdade. Sendo devidamente persuadida[55] da necessidade das regras, a criança se acostumará, desde cedo, a subordinar seus desejos às suas forças, e sentirá pouca privação do que não estiver em seu poder: "Nossa mania pedante de educar é

53 Outros autores escreveram sobre a infância e a liberdade das crianças, como o Locke na obra *Some thoughts concerning education*, mas com ênfase no rígido controle dos adultos (LOCKE, 2017).

54 Rousseau (1973) diz assim no *Emílio*: "Quanto a mim, não pretendo ensinar a geometria a Emílio, ele é que me ensinará" (p. 147); "Que ele não se avizinhe à ciência, que a invente" (p. 175); "Não se trata de ensinar-lhe as ciências e sim de dar-lhe inclinação para as amar e métodos para a aprender, quando a inclinação se tiver desenvolvido bastante" (p. 180).

55 Trata-se de estratégia de persuasão e não de convencimento (SCOTT, 2020).

sempre a de ensinar às crianças o que aprenderiam muito melhor sozinhas e esquecer o que somente nós lhe poderíamos ensinar" (ROUSSEAU, 1973, p. 59).

Ou seja, se a criança for criada de modo livre (na perspectiva da *liberdade bem regrada*), os mestres "natureza" e "coisas" farão sua parte para que ela aprenda por si mesma o que for necessário. Porém, como não há liberdade irrestrita, o mestre "homens" precisa entrar em cena para introduzir a criança no mundo moral, preparando-a para autonomia, indicando que essa é uma tarefa que só os adultos podem fazer. Embora ele deixasse claro que "a liberdade não está em nenhuma forma de governo, está no coração do homem livre; ele a carrega por toda parte consigo" (ROUSSEAU, 1973, p. 560), sua posição em relação à liberdade destaca, mais uma vez, suas convicções epistemológicas, éticas e políticas, que forjam seus princípios educativos para que se mantenha a criança livre, alegre e saudável. Por isso, a necessidade de sofisticar cada vez mais as estratégias de acolhimento e condução das crianças, para evitar os vícios e permitir que sejam autênticas, bem "amanhadas" pela cultura e pela educação.

Eis aí a consolidação da *oitava prerrogativa* da representação de infância e de sua educação: *A educação molda o homem, seus pensamentos e seus sentidos desde a infância*. Rousseau deixa implícita essa prerrogativa ao dizer, logo no início do *Emílio*, que tudo nos é dado pela educação. Desta forma, para moldar o novo homem, seus pensamentos e sentidos, a educação natural precisa impedir o nascimento de vícios e, portanto, "o momento de corrigir as más inclinações do homem; é na infância, quando as penas são menos sensíveis, que é preciso multiplicá-las, a fim de poupá-las na idade da razão" (ROUSSEAU, 1973, p. 61).

Nesse sentido, a educação negativa promove uma estética negativa que interfere na criança, ao moldar-lhe seus sentidos, principalmente a visão, os ouvidos, os olhos e o coração, blindando-a contra a corrupção. Vemos que do início ao fim do *Emílio*, a criança é preparada para desenvolver sua sensibilidade, suas disposições naturais e suas potencialidades e possibilidades criativas (para si e para os outros) para, ao fim, tornar-se o homem pleno, preparado para viver em qualquer sociedade sem se corromper, além de assumirem o objetivo último que é serem capazes de transformar a própria sociedade.

Assim, como a educação negativa guarda o coração do vício e a mente do erro, como afirma Rousseau (1969, p. 112, 113), uma educação estética negativa se serve do molde "natureza" para evitar a deformação, a desfiguração e a corrupção humana. O que não significa, vale repetir, ausência de atividades, de mediação docente, de espontaneísmo ou ainda de ausência de propósitos. Diz Rousseau: "Sei que é preciso ocupar as crianças e que a ociosidade constitui para elas o maior dos perigos a evitar" (ROUSSEAU, 1999, p. 209).

Gera-se, assim, a *nona prerrogativa*, que tem muito a ver com *segunda prerrogativa,* mas foi aqui separada propositadamente, qual seja: *A mediação do educador/tutor é imprescindível*. Esta nova prerrogativa evidencia não apenas a

importância, mas a centralidade da mediação educativa que, aparentemente, depõe contra os pedagogos, tanto do século XIX quanto do XX, que desenvolveram a ideia de uma escola não-diretiva e uma didática espontaneísta. Embora o paidocentrismo escolanovista e o espontaneísmo construtivista tenham sido inspirados em Rousseau, o que mediação pedagógica no *Emílio* valoriza é a espontaneidade e não o espontaneísmo. Sua perspectiva é clara, ao afirmar: "que ele imagine ser sempre o mestre e que vós o sejais sempre" (ROUSSEAU, 1973, p. 114), o que significa uma mediação interventiva, mas também didático-pedagógica, capaz de dosar as necessidades e os desejos da criança. A ação do preceptor é bem planejada, metódica, cuidadosa e ilustrada com cenas pedagógicas que indicam sua boa condução (FRANCISCO, 2015).

O que se deslumbra nesse romance pedagógico é a onisciência e quase onipresença do personagem Jean-Jacques, o preceptor, que mantém tudo sob seu controle, mesmo fazendo tudo para disfarçá-lo. Entretanto, não se trata de um diretivismo pedagógico ou de um retorno à pedagogia tradicional, mas da ação de um intérprete da natureza que consegue decifrar sua marcha e, como um "artífice",[56] emprega seu talento para manter a criança no caminho da natureza, tendo todo o cuidado para que o "despertar" da razão seja gradativo, dentro das etapas previstas, bem como no âmbito das seguintes máximas:

> Longe de terem forças supérfluas, as crianças não têm sequer as suficientes para tudo o que delas solicita a natureza; cumpre, portanto, deixar-lhes o emprego de todas as forças as que ela lhes dá e de que não podem abusar. Primeira máxima.
>
> É preciso ajudá-las e suprir de que carecem, seja em inteligência, seja em força, em tudo o que diz respeito às necessidades físicas. Segunda máxima.
>
> É preciso, no auxílio que se lhes dá, restringirmo-nos unicamente ao útil real, sem nada concedendo à fantasia ou ao desejo sem razão (...). Terceira máxima.
>
> É preciso estudar com cuidado sua linguagem e seus sinais, a fim de que, numa idade em que não sabem dissimular, possamos distinguir em seus desejos o que vem imediatamente da natureza do que vem da opinião. Quarta máxima" (ROUSSEAU, 1973 p. 49-50).

O imperativo: "É preciso..." é quase um evocativo, e faz dessas máximas um libelo contra o espontaneísmo e um paidocentrismo exacerbado. Por um lado, é preciso dar às crianças liberdade para que ajam mais por si mesmas, sem muita interferência dos outros; mas não o domínio da situação. De modo que a criança possa utilizar dos mecanismos que têm para ir-se conhecendo em suas necessidades

56 Dozol (2003, p. 62), na obra *Da figura do mestre*, diz: "Digamos que o mestre seja, em Rousseau, o artífice de uma espécie de moralização de uma natureza que, embora potencialmente boa, há que se defrontar com todo tipo de dilema ético resultante do convívio social".

naturais, e reconhecendo também o que precisa para alcançar seus objetivos, porém com limites e ponderação (MEDINA, 2011) – o que não é possível sem a mediação responsável e conducente do educador, do "tradutor da natureza" para saber bem conduzir o processo, preparando a criança para a vida adulta. Daí a questão de Rousseau: "Que deverão, pois, aprender? Eis uma questão interessante. Que aprendam o que devem fazer sendo homens e não o que devem esquecer" (ROUSSEAU, 1999, p. 209).

O que, finalmente, nos traz à *décima prerrogativa*, isto é, a ideia de que: *A infância é o arquétipo da vida adulta*. A criança é o exemplo mais aproximado do homem natural, pois encontra-se numa fase cuja ausência de vícios lhe é característica. Fase na qual o *amor-próprio* ainda não se desenvolveu e, dependendo da educação que tiver, seu desenvolvimento pode-se dar de tal modo que as idades sucessivas possibilitem o surgimento de um adulto autônomo, mas sensível o suficiente para conhecer seus limites e suas responsabilidades. Nesse encaminhamento, diz Rousseau (1973, p. 251): "Quanto a meu Emílio, se teve simplicidade e bom senso em sua infância, estou certo de que terá alma e sensibilidade em sua juventude, porque a verdade dos sentimentos está muito ligada à justeza das ideias".

Ou seja, de "arquétipo do homem natural"[57] a criança se torna também o arquétipo do homem civil, por inspirar a base da formação de uma nova concepção de indivíduo para uma nova sociedade. Porém, como um ser potencialmente social, o arquétipo só terá correspondência na vida adulta se a criança for sabiamente guiada. Sua inserção no mundo social deve seguir o desenvolvimento biológico natural, sem antecipação forçada da cultura, para que as paixões não corrompam sua alma e ela possa realizar-se com um ser virtuoso, gozando sua liberdade e sua autonomia. Desse modo, a educação natural, além de manter princípios voltados à liberdade e à autonomia, investe na produção de um novo perfil social que ajude a transformar o homem e a própria sociedade (CERIZARA, 1990).

De forma que o papel da educação é, como conclui Cassirer (1999, p. 25) "o de evitar a criação de um pequeno tirano ou de um pequeno escravo. Devemos permitir que a criança encontre por si mesma os limites de suas próprias capacidades; devemos argumentar com ela apenas quando for suficientemente adulta para raciocinar – esta é a única forma de se criar o homem natural". Quiçá pudéssemos ter na vida adulta, na plena vida social, uma multidão de Emílios, cuja educação tenha primado pelo desenvolvimento da sensibilidade, pelo gozo da liberdade e da autonomia, pela criativa descoberta dos conhecimentos e pela introdução didática ao mundo moral, que consiga fazer deles sujeitos sociais e éticos por excelência.

57 Diz Dozol (2015, p. 23): "A educação aos moldes rousseaunianos obedece a uma fórmula de intricada combinação entre características perfeitamente naturais – as da criança, arquétipo do homem natural – e inteiramente superficiais, relativas ao conjunto de artifícios pedagógicos que deverão orientar sua educação, mas que não devem aparecer".

Considerações Finais

As *dez prerrogativas* aqui destacadas mostram que Rousseau foi portador de uma visão inovadora que ajudou a redefinir a concepção de infância, criança e educação. Ele foi sensível a ela, algo inédito até esse período da história, e seus escritos fizeram despertar um novo olhar em direção à criança e sua educação. Em *La pédagogie en France aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Geroges Snyders chega a afirmar que a obra de Rousseau supera o esforço empregado por todos seus predecessores pelo fato de estabelecer a especificidade da infância, evidenciando a criança como um ser original, harmonioso, coerente e capaz de manifestar o bem. Embora Rousseau não tenha formulado um conceito, contribui para isso quando refletiu sobre os problemas específicos do mundo da criança, afirmando que ela tem "maneiras de ver, de pensar, de sentir que lhe são próprias" (ROUSSEAU, 1973, p. 75). Como vimos, ainda era bem dominante em sua época uma concepção que desde Platão e Aristóteles, passando por Santo Agostinho[58], via a criança como um pequeno adulto, um ser incompleto e cheio de falhas. Daí, portanto, a justificativa de uma educação tradicional cuja ação pedagógica autoritária, hierarquizada e disciplinada pudesse corrigir suas más inclinações e conformá-las às regras sociais.

Aspectos que podem ser confirmados por Snyders (1965), no qual destaca que desde as roupas até a fala e, enfim, toda sua maneira de se apresentar, a criança deveria imitar os adultos. Outro texto de referência, como já foi destacado, é a obra de Philippe Ariès (*História social da criança e da família*), embora propenso a várias críticas, ainda é referência na descrição da vida da criança medieval. Na obra assume-se que até o século XII a arte medieval desconhecia ou, pelo menos, não retratava a infância porque não existia nenhum sentimento diferenciado do ser criança. Segundo o autor, "o sentimento da infância não significa o mesmo que afeição pelas crianças corresponde à consciência da particularidade infantil, essa particularidade que distingue essencialmente a criança do adulto, mesmo jovem" (ARIÈS, 1981, p. 156). Enfim, a criança era considerada sem distinção do mundo adulto, sendo representada em obras de arte literária, teatral ou pictórica como um homem ou mulher em miniatura.

Ao elaborarmos essas *dez prerrogativas*, buscamos destacar que a infância goza, no pensamento de Rousseau, de um estatuto ontológico próprio. Estatuto que vai-se revelando na visão romântica, quase poética[59] de suas obras, para depois tornar-se a base de um conceito moderno: a infância é uma etapa especial, cujas especificidades biopsíquicas e emocionais reivindicam para si um cuidado protetivo em seu desenvolvimento, seguindo a marcha da natureza, uma vez que a pureza,

58 Cf. Snyders (1965, p. 178): "Para tentar compreender essa atitude complexa à respeito da infância, é importante evocar rapidamente a imagem projetada pelos antigos: Aristóteles e Santo Agostinho, de onde deriva a força da autoridade", bem como – é preciso acrescentar – a imposição moral do adulto e a ação corretiva da Igreja.

59 Para Lefebvre (1997, p. 27, tradução livre), "a poesia para Rousseau não é apenas o lugar transbordar a sensibilidade, mas a arte de um belo espírito que busca gozar o jogo das formas puras".

a bondade e a ausência da razão são suas principais características. Toda ação pedagógica deve levar em conta que a criança precisa ser criança antes de ser homem, uma vez que ela tem maneira própria de ver, pensar e sentir (ROUSSEAU, 1973). Essa visão subsidiou a pedagogia, a psicologia e os estudos modernos em torno da criança e de suas particularidades. Portanto, a escrita poética (ou quase poética) de Rousseau, por mais que seja um devaneio literário, um "brincar de rodas" romântico com uma criança abstrata, como é o caso do *Emílio*, tem em vistas evitar o extravio preconceituoso das concepções anteriores. Ao declarar que não se conhecia a infância, Rousseau não apenas condenou todas as interpretações arcaicas, como fez um exercício socrático para entender a especificidade da etapa mais importante da vida humana: a infância. Como afirma Boto (2010, p. 211), faz muito sentido afirmar que "a infância é, para Rousseau, uma categoria escolhida meticulosamente para operar o pensamento sobre a condição humana".

As interpretações arcaicas defendiam uma educação positiva que, paradoxalmente, projetava sobre a infância uma visão negativa. Nesse trocadilho, é justamente a "educação negativa" de Rousseau que vai dar uma visão positiva à condição infantil, ao negar a própria negatividade que existia. Assim, para que as potencialidades sejam bem aproveitas, a trajetória precisa ser traçada de forma bem pedagógica e o caminho trilhado de modo didático, como tentamos fazer com as dez prerrogativas, destacando no *Emílio* a importância das possibilidades práticas, encampadas, por exemplo, pelas brincadeiras, jogos, movimento físico, experiências sensíveis, etc. Até porque, como bem acentua Francisco (2011, p. 14), mesmo sendo uma figura imaginária, "podemos afirmar que o Emílio contemplaria duas dimensões distintas, uma 'teórica' e a outra 'prática'". Ou seja, a obra não devaneia em quimeras e planos irrealizáveis, nem fica apenas nas conceituações – seja da infância ou da educação – mas lida com possibilidades e potencialidades.

Talvez apoiado numa subjetividade que lhe favorecia a expressão de rompantes, desafetos e descompassos representativos de seu desagrado interior com a cultura, Rousseau tenha se sentido coerentemente obrigado a propor um caminho bem oposto ao até então cultivado à educação da criança: "Saindo de minhas mãos, ele não será, concordo, nem magistrado, nem soldado, nem padre; será primeiramente um homem" (ROUSSEAU, 1973, p. 15). Nesse sentido, os "rompantes" retóricos verificados no *Emílio* não se relacionam apenas à infância, mas também à vida adulta e à condição mesma do homem em sociedade: "Nosso verdadeiro estudo é o da condição humana" (ROUSSEAU, 1973, p. 16). Assim, em busca de um novo percurso que ajudasse a superar a perversão social, o primeiro destaque dado por Rousseau foi à importância da compreensão e preservação da natureza humana. Ideia que modulava sua experiência intelectual, estética e sensível, sendo, inclusive, reguladora de sua posição filosófica quanto à educação. Daí a linguagem poética que vamos encontrar no *Emílio*, a qual compara a criança como uma planta de um jardim: "Cultiva, rega a jovem planta antes que morra: seus frutos dar-te-ão um dia alegrias" (ROUSSEAU, 1973, p. 10). Ou seja, é mais do que o

contato com a natureza, já defendido por outros educadores,[60] é a visão da criança como um elemento da própria natureza.

E, mesmo que Rousseau não tenha conceituado a infância de modo rigoroso e no formato acadêmico, tal qual seria o desejo do campo da Pedagogia ou até da Filosofia, pelo menos deixou pistas, principalmente no *Emílio*, para entendermos que para ele a infância é uma etapa específica e fundamental da vida, com suas particularidades e necessidades distintas do adulto, mas com potencialidades que podem transformá-la em um adulto virtuoso. Mesmo assim ela deve gozar de um grau de autonomia, pois cada instante da vida infantil vale por ela mesma, por seu presente e por sua condição intrínseca e imanente. Entretanto, como ela se desenvolve por uma sucessão de etapas, pela qual sua maturação se processa, do ponto de vista biológico e antropológico, ela sempre será um ser em formação. Portanto, subjaz na pedagogia de Rousseau um roteiro sensitivo permeado pela experiência estética da natureza. Como uma possibilidade hermenêutica (PAIVA, 2021), o processo de formação da criança se consubstancia pelos elementos da natureza, mas no horizonte da formação social. Se o antigo *hermeios*, o sacerdote do templo de Delfos, era capaz de interpretar o que estava além da aparência, pelos dons recebidos de Hermes, a tarefa pedagógica de uma profunda *hermeneuein* da natureza se encontra na simples fórmula rousseauniana: "Mas considerai primeiramente que, querendo formar um homem da natureza, nem por isso se trata de fazer dele um selvagem, de jogá-lo no fundo da floresta; mas que, entregue ao turbilhão social, basta que não se deixe arrastar pelas paixões" (ROUSSEAU, 1973, p. 286).

Em várias passagens de *Os devaneios do caminhante solitário* Rousseau faz transbordar poeticamente seu dom de *hermeneus* para interpretar, a partir da natureza, os princípios dessa nova educação para a infância. Princípios que enfatizam toda potencialidade infantil, sobretudo por se transformarem em categorias de um pensamento-arte que corresponderia e sustentaria a utopia máxima da felicidade coletiva. E contra o objetivo maior do projeto iluminista, que é o despertar da razão, Rousseau tipifica os passos de uma reedição da sociedade degenerada, cujo trajeto alternativo evitaria o iluminado projeto dos *philosophes* e tomaria o caminho do "sono da razão", uma vez que a embriaguez dos sentimentos e a utopia da natureza seria preferível à lucidez de uma sociedade corrupta e degenerada. E se é como diz Scott (2020), que Rousseau desafia e educa seu leitor, é incrível como nos educamos a cada vez que lemos sua obra, principalmente o *Emílio*, e nos sentimos desafiados a colocar em prática muitos de seus preceitos. Mais do que isso, sentimo-nos "embriagados" por sua forma poética de explicar como via essa tão importante etapa da vida humana, que é a infância.

60 Como diz Claparède (1968, p. 8): "Folheie as obras de grandes educadores e verá que a maioria é movida por esse desejo de se reconectar com a natureza" (tradução livre de: feuilletez les œuvres des grands éducateurs, et vous verrez que la plupart sont animées de ce désir de reprendre contact avec la nature).

Referências

AGOSTINHO. *Confissões e De Magistro*. São Paulo: Editora Abril, 1973 (Coleção Os Pensadores).

ARIÈS, Philippe. *História social da criança e da família*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1981.

ARIÈS, Philippe; DUBY, Georges (org.). 1991. *História da vida privada*. 5 volumes. São Paulo: Companhia das Letras, 1991.

BOTO, Carlota. A invenção do Emílio como conjectura: opção metodológica da escrita de Rousseau. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v.36, n.1, p. 207-225, jan./abr. 2010.

CAMBI, Franco. *História da Pedagogia*. São Paulo: UNESP, 1999.

CASSIRER, Ernst. *A questão Jean-Jacques Rousseau*. São Paulo: Unesp, 1999.

CLAPARÈDE, Edouard. *L'éducation fonctionnelle*. Neuchatel: Delachaux et Niestlè, 1968.

CRANSTON, Maurice. *The solitary self*: Jean-Jacques Rousseau in exile and adversity. Chicago: The University of Chicago Press, 1997.

CERIZARA, Ana Beatriz. *Rousseau:* a educação na infância. São Paulo: Scipione, 1990.

DALBOSCO, Cláudio Almir. Primeira infância e educação natural em Rousseau: as necessidades da criança. *Educação*. Porto Alegre/RS, ano XXX, n. 2 (62), p. 313-336, maio/ago. 2007.

DALBOSCO, Cláudio Almir. Paradoxos da educação natural no Émile de Rousseau: os cuidados do adulto. *Educ. Soc.,* Campinas, vol. 30, n. 106, p. 175-193, jan./abr. 2009.

DALBOSCO, Cláudio Almir. *Educação natural em Rousseau*: das necessidades da criança e dos cuidados do adulto. São Paulo: Cortez, 2011.

DOZOL, Marlene de Souza. *Da figura do mestre*. Campinas/SP: Autores Associados: São Paulo: Editora da USP, 2003.

DOZOL, Marlene de Souza. Jean-Jacques Rousseau entre uma poética da superfície e a ideia de infância. *Revista Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 17-31, jan./mar. 2015.

FORTES, Luiz Roberto Salinas. Dos jogos de teatro no pensamento pedagógico e político de Rousseau. *Discurso*, n. 10, 1979.

FRANÇA, Leonel. *O método pedagógico dos Jesuítas*. Rio de Janeiro: Agir, 1952.

FRANCISCO, Maria de Fátima Simões. A cena pedagógica do cultivo do jardim no Emílio de Rousseau. *Cadernos de Pesquisa*. São Luís, v. 22, n. Especial, set./dez., 2015.

FRANCISCO, Maria de Fátima Simões. Emílio, o aluno imaginário e as cenas pedagógicas no Emílio de Rousseau. *Revista International Studies on Law and Education*. Porto: IJI-Universidade do Porto, v. 9, set./dez. 2011.

KAWAUCHE, Thomaz. *Educação e filosofia no Emílio de Rousseau.* São Paulo: Editora UNIFESP, 2021.

LECERCLE, Jean-Louis. *Rousseau et l'art du roman*. Paris: Armand Colin: 1969.

LEFEBVRE, Philippe. *L'esthétique de Rousseau*. Paris: Sedes, 1997.

LOCKE, John. *Some thoughts concerning education*. Mineola, New York: Dover Publications, 2017.

HAUSER, Arnold. Rococó, classicismo, romantismo. *In*: HAUSER, Arnold. *História social da arte e da literatura*. São Paulo: Martins Fontes, 1995. p. 497-726.

MARTIN, Christophe. *Éducations negatives*: Fictions d'expérimentation pédagogique au XVIIIe. siècle. Paris: Classique Garnier, 2012.

MARTIN, Christophe. Rousseau et le nouvel âge de l'enfance. *Revue des deux mondes*, Février, 2020. Disponível em: https://www.revuedesdeuxmondes.fr/wp-content/uploads/2020/01/8_Martin.pdf. Consulté en: 15/10/2021.

MEDINA, Giovanna Beatriz Kalva. Jean-Jacques Rousseau: uma reflexão sobre a educação infantil. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – EDUCARE, 10., 2011, Curitiba. *Anais* [...]. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2011.

MUNTEANO, Basil. *Solitude et contradictions de Jean-Jacques Rousseau*. Paris: A.G.Nizel, 1975.

PAIVA, Wilson Alves de. O jardim de Rousseau e a virtude do jardineiro. *Cadernos de Ética e Filosofia Política*, v. 1, n. 14, p. 147-178, 2009.

PAIVA, Wilson Alves *de. Da Reconfiguração do Homem*: um estudo da ação político-pedagógica na formação do homem em Jean-Jacques Rousseau. 2010. Tese. (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PAIVA, Wilson Alves *de*. Emílio: Texto e Contexto. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, ano 45-2, 2011.

PAIVA, Wilson Alves *de*. *O Emílio de Rousseau e a formação do cidadão do mundo moderno*. Belo Horizonte: Editora Dialética, 2021.

PIAGET, Jean. *Seis estudos de psicologia*. 20ª. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1994.

PY, Gilbert. *Rousseau et les éducateurs*: etude sur la fortune des idées pédagogiques de Jean-Jacques Rousseau en France et en Europe au XVIIIe siècle. Oxford: Voltaire Foundation, 1997.

ROLLIN, Charlees. *Traité des Études*. Oeuvres completes de Rollin, T. IV. Paris: Didot, 1821.

ROUSSEAU, Jean-Jacques. *Oeuvres complètes* (5 volumes). Paris: Gallimard, 1959-1964.

ROUSSEAU, Jean-Jacques. *Emílio ou da educação*. São Paulo: DIFEL, 1973.

ROUSSEAU, Jean-Jacques. *Discurso sobre as ciências e as artes*. Tradução de Lourdes Santos Machado. Introduções e notas de Paul Arbousse-Bastide e Lourival Gomes Machado. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Coleção Os Pensadores; volume II).

SCOTT, John T. *Rousseau's Reader*: strategies of persuasion and education. Chicago and London: The University of Chigado Press, 2020.

SNYDERS, Georges. *La pédagogie en France aux XVIIe et XVIIIe siècles*. Paris: Presses Universitaires de France, 1965.

SPECTOR, Céline. Mais moi je n'ai point de jardin: la leçon sur la propriété d'Émile. *In*: HABIB, Claude (Direction). *Éduquer selon la nature*: 16 études sur *Émile* de Rousseau. Paris: Éditions Desjonquères, 2012.

STAROBINSKI, Jean. *Jean-Jacques Rousseau*: a transparência e o obstáculo. Trad. Maria Lúcia Machado. São Paulo: Companhia das Letras, 1991.

TOMAZELLI, Gilberto Luiz. *Educação natural e infância segundo Jean-Jacques Rousseau*. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Passo Fundo, 2009.

TOMAZELLI, Gilberto Luiz. Emílio ou da Educação: uma visão panorâmica da obra. *In*: DALBOSCO, Claudio Almir (org.). *Filosofia e Educação no Emílio de Jean-Jacques Rousseau*: o papel do educador como governante. Passo Fundo: Editora Alínea, 2009.

VARGAS, Yves. *Introduction à l'Emile de Rousseau*. Paris: PUF, 1995.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

A experimentação no ensino das Ciências da Natureza frente aos desafios da educação contemporânea

TITLE: EXPERIMENTATION IN THE TEACHING OF NATURAL SCIENCES IN THE FACE OF THE CHALLENGES OF CONTEMPORARY EDUCATION

TÍTULO: LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES ANTE LOS RETOS DE LA EDUCACIÓN CONTEMPORÁNEA

Edvargue Amaro da Silva Junior
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Resumo

A ciência da natureza experimental é uma área fundamental no Ensino de Ciências e tem enfrentado desafios na educação contemporânea, principalmente, com o avanço tecnológico e a crescente complexidade dos problemas ambientais. Nesse contexto, a compreensão dos fenômenos naturais torna-se cada vez mais relevante sendo possível notar que a abordagem experimental é essencial para permitir que os estudantes adquiram habilidades práticas e desenvolvam o pensamento científico. Diante disso, o objetivo deste estudo é investigar abordagens teóricas e práticas relacionadas à experimentação em ciências, com foco na superação de desafios enfrentados no contexto educacional contemporâneo. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, com abordagem qualitativa e descritiva, baseada em buscas nos sites oficiais, como: *Scielo, Google Scholar* e também em documentos legais da educação. Os principais resultados indicam que há desafios enfrentados, tais como: a falta de recursos financeiros, de infraestrutura adequada e a falta de formação dos professores. Evidencia-se, também, a necessidade de discussão sobre a utilização de recursos tecnológicos e a integração de temas transversais, como sustentabilidade e ética, para tornar o ensino desta área do saber mais relevante e engajador para os estudantes. Portanto, faz-se necessário investir em recursos e formação continuada para os professores, a fim de proporcionar uma educação de qualidade que prepare os estudantes para os desafios do mundo moderno. Além disso, propiciar o desenvolvimento do pensamento científico e da criatividade dos estudantes, promovendo a interdisciplinaridade e contextualização dos objetos de conhecimento de ciências, tornando o ensino mais relevante dentro da realidade de cada um.

Palavras-chave: Ciência da Natureza Experimental. Ensino de Ciências. Desafios Educacionais Contemporâneos.

Abstract

The science of experimental nature is a fundamental area in science teaching and has faced challenges in contemporary education, especially with technological advances and the increasing complexity of environmental issues. In this context, understanding natural phenomena becomes increasingly relevant, and it is possible to observe that the experimental approach is essential to allow students to acquire practical skills and develop scientific thinking. Therefore, a descriptive bibliographical research was carried out on theoretical and practical approaches related to experimentation in science, focusing on overcoming challenges faced in the contemporary educational context, it was based on searches on websites such as Scielo, Google Scholar, and also on legal education documents. The main results

indicate that there are challenges such as a lack of financial resources, adequate infrastructure, and a lack of teacher training. They also highlighted the need for a discussion about the use of technological resources and the integration of transversal themes, such as sustainability and ethics to make teaching this knowledge area more relevant and engaging for students. Therefore, it is necessary to invest in resources and continuous teacher training to provide quality education that prepares students for the challenges of the modern world. Furthermore, it promotes the development of scientific thinking and creativity in students. To achieve this, it is important to promote interdisciplinarity and the contextualization of science knowledge objects, making teaching more relevant within each person's reality.

Keywords: Experimental Nature Science. Science Teaching. Contemporary Educational Challenges.

Resumen
La ciencia de la naturaleza experimental es un área fundamental en la enseñanza de las ciencias y ha enfrentado desafíos en la educación contemporánea, especialmente con el avance tecnológico y la creciente complejidad de los problemas ambientales. En este contexto, comprender los fenómenos naturales se vuelve cada vez más relevante y es evidente que el enfoque experimental es esencial para permitir que los estudiantes adquieran habilidades prácticas y desarrollen el pensamiento científico. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es investigar enfoques teóricos y prácticos relacionados con la experimentación en ciencias, centrándose en superar los desafíos en el contexto educativo contemporáneo. Se trata de una investigación bibliográfica con un enfoque cualitativo y descriptivo, basada en búsquedas en sitios *web* oficiales como *Scielo, Google Scholar* y también en documentos legales de educación. Los principales resultados indican que existen desafíos como la falta de recursos financieros, infraestructura adecuada y formación de docentes. También destaca la necesidad de discutir el uso de recursos tecnológicos y la integración de temas transversales como la sostenibilidad y la ética para hacer que la enseñanza de esa área de conocimiento sea más relevante y atractiva para los estudiantes. Por lo tanto, es necesario invertir en recursos y formación continua de los docentes para proporcionar una educación de calidad que prepare a los estudiantes para los desafíos del mundo moderno. Además, promueve el desarrollo del pensamiento científico y la creatividad en los estudiantes, fomentando la interdisciplinariedad y la contextualización de los objetos de conocimiento científico, haciendo que la enseñanza sea más relevante dentro de la realidad de cada individuo.

Palabras clave: Ciencia de la Naturaleza Experimental. Educación en Ciencias. Desafíos Educativos Contemporáneos.

Introdução

A evolução do conhecimento científico e tecnológico tem sido uma parte intrínseca à história humana. A sociedade é cada vez mais impactada pelo desenvolvimento, aprimoramento e resultados de pesquisas científicas. O progresso contínuo da ciência e da tecnologia tem gerado mudanças no estilo de vida e nas perspectivas das pessoas, motivando-os a buscar informações e atualizações para desenvolver um senso crítico, permitindo-lhes uma participação mais ativa nas decisões do ambiente em que estão inseridos.

O desenvolvimento tecnocientífico ocorre de forma frenética, resultando na obsolescência rápida de processos e equipamentos, levando a uma busca constante

por inovação, que acelera a mudança de práticas sociais. As ciências aproveitam os benefícios do desenvolvimento tecnológico, colaborando com as técnicas utilizadas em diferentes setores de produção, serviços e desenvolvimento de materiais. Essas estão presentes em aspectos culturais, sociais e em diversos outros setores e procedimentos (NARDI, 2005).

Nesse sentido, é relevante compreender que a educação tecnológica não se deve limitar a fornecer conhecimentos superficiais sobre o funcionamento de dispositivos educacionais ou eletrônicos. Sendo necessário, assim, que os estudantes compreendam os conceitos subjacentes às novas tecnologias (SANTOS; MORTIMER, 2002). Por essa razão, é essencial que as escolas acompanhem os avanços científicos e tecnológicos, e proporcionem aos estudantes o letramento científico por meio do Ensino das Ciências. Dessa forma, os estudantes não só entenderão o funcionamento e o uso de equipamentos tecnológicos, mas também terão uma compreensão mais profunda dos conceitos por trás das novas tecnologias. Isso os tornará cidadãos autônomos capazes de se apropriar dos processos e fenômenos tecnológicos, compreendendo suas variações e, por meio desse conhecimento, poderão participar de forma mais ativa na sociedade, contribuindo para tomadas de decisão mais informadas (FERNANDES, 2011).

Nesse sentido, o problema deste estudo se baseou na seguinte indagação: *Qual é a melhor abordagem teórico-prática para o Ensino da Ciência da Natureza Experimental, a fim de tornar o estudo desta área do saber mais relevante e engajador para os estudantes, considerando o fato que a abordagem teórico-prática desta área precisa promover a interdisciplinaridade, a contextualização, o desenvolvimento do pensamento científico e a criatividade dos estudantes, integrando recursos tecnológicos e temas transversais relevantes, como sustentabilidade e ética?*

Diante do exposto, o objetivo geral do trabalho foi investigar as principais abordagens teóricas e práticas relacionadas ao Ensino de Ciências Experimental, com foco na superação dos desafios enfrentados no contexto educacional contemporâneo. Para atingir esse objetivo, primeiramente foram identificados os principais desafios enfrentados no Ensino de Ciências Experimental no contexto educacional contemporâneo e as abordagens teórico-práticas que são utilizadas nesse processo de ensino. Por fim, foi feita uma avaliação sobre os resultados dessas abordagens utilizadas.

Para tanto, foi usada a metodologia de pesquisa bibliográfica, com viés qualitativo e descritivo, com consulta e seleção em sites de busca como *Scielo* e *Google scholar*, usando as palavras-chave atinentes à pesquisa, que se dividiu em seções para melhor compreensão da temática. Assim, na primeira seção foi trazida o texto de introdução, apresentando o contexto geral do estudo. Na segunda seção, os aportes teóricos contemplando a revisão da literatura tratando de perspectivas quanto aos desafios no Ensino de Ciências Experimental; abordagens teórico-práticas no Ensino de Ciências Experimental e avaliação da eficácia das abordagens

teórico-práticas. Na terceira e última seção, as considerações finais são apresentadas e em seguida, as referências bibliográficas com a lista de todas as fontes utilizadas no estudo.

Contudo, convém destacar que a realização deste estudo se justifica, primeiramente, pelo interesse pessoal, em acreditar que a educação em Ciências é essencial para a formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de tomar decisões informadas sobre questões científicas e tecnológicas que afetam suas vidas e o mundo ao seu redor e, no interesse acadêmico, já que esse trabalho pode fornecer *insights* valiosos sobre as abordagens teórico-práticas mais vantajosas para o Ensino de Ciências Experimental e como superar desafios no contexto educacional contemporâneo.

1 Desafios no ensino de ciências experimental

De modo geral, o Ensino de Ciências exige uma interação constante entre a teoria e a prática, entre o conhecimento científico e o senso comum. Essas conexões são extremamente cruciais, pois a área de Ciências é baseada em conhecimentos que explicam os fenômenos da natureza e é fundamentada em um método, o método científico que, por meio da experimentação, comprova ou refuta uma determinada teoria. Além disso, relaciona o conhecimento científico aos pressupostos teóricos e metodológicos que são constantemente verificados, testados e reproduzidos. Portanto, a ideia de realizar experimentos é amplamente divulgada como uma importante estratégia didática para o ensino e a aprendizagem. Contudo, não deve ser vista como uma prática simplesmente para fins utilitários, mas sim como uma prática transformadora, adaptada à realidade, com objetivos claramente definidos, ou seja, a realização efetiva da práxis (KOVALICZN, 1999).

Segundo Bueno e Kovaliczn (2009), especialistas em didática das ciências frequentemente fazem críticas ao trabalho com experimentação, principalmente àquele desenvolvido nas escolas. Apesar das diferentes opiniões apresentadas na literatura, todas compartilham a ideia de que atividades experimentais que se destinam apenas a ilustrar ou comprovar teorias previamente estudadas são limitadas e não contribuem para a construção do conhecimento do aluno. Isso ocorre especialmente quando a maior parte do tempo dedicado às aulas em laboratório é para a manipulação de equipamentos e realização de medições, como pipetagem, calibração de instrumentos e preparação de soluções, práticas que pouco contribuem para o relacionamento do aluno com a sociedade.

De acordo com Delizoicov e Angotti (1992), na aprendizagem das Ciências Naturais, é fundamental garantir que as atividades experimentais não sejam transformadas em uma dicotomia entre teoria e prática. Arruda e Laburu (1998) também concordam com essa ideia, afirmando que é necessário ajustar a teoria à

realidade, considerando a ciência como uma troca entre experimentação e teoria, em que não há uma verdade final a ser alcançada, mas sim a teoria servindo para organizar fatos e experimentos adaptados à realidade. Quando as atividades práticas exigem apenas uma abordagem mecânica do aluno nas etapas iniciais e envolvimento cognitivo apenas na fase final da atividade, isso mostra que os professores dão ênfase aos objetivos de conhecimento mecânico em detrimento de objetivos que levem à compreensão da Ciência ou ao desenvolvimento de atitudes.

Conforme Bizzo (2002):

> o experimento, por si só não garante a aprendizagem, pois não é suficiente para modificar a forma de pensar dos alunos, o que exige acompanhamento constante do professor, que deve pesquisar quais são as explicações apresentadas pelos alunos para os resultados encontrados e propor, se necessário, uma nova situação de desafio (BIZZO, 2002, p. 75).

Dessa forma, nota-se que os experimentos em Ciências são úteis para que os alunos concretizem o conteúdo e compreendam a relação entre teoria e prática. Para isso, é importante que a atividade experimental seja orientada pelo professor, a partir de questões investigativas relacionadas à vida dos alunos e que representem problemas reais e desafiadores. A verdadeira práxis deve ser realizada para ir além da simples observação das evidências e da manipulação dos materiais de laboratório, sendo preciso que os alunos levantem e testem suas próprias ideias e suposições sobre os fenômenos científicos em seu entorno.

Sendo assim, Bueno e Kovaliczn (2009), afirmaram que o papel do professor em atividades experimentais é de orientador, mediador e assessor do processo, mantendo a motivação dos alunos, lançando questões-problema, salientando aspectos importantes, produzindo um texto coletivo e trabalhando em conjunto com os alunos. As atividades experimentais devem permitir que os alunos levantem e testem suas ideias e suposições sobre fenômenos científicos, enquanto fazem conjecturas e interagem com os colegas e o professor. Além disso, a utilização de modelos pode ajudar a estabelecer a relação teoria-prática, desde que haja uma fundamentação teórica relevante.

Bevilacqua e Coutinho-Silva (2007) afirmam que as novas metodologias de educação devem estabelecer conexões entre o aprendizado em sala de aula e a vivência dos alunos no cotidiano. Eles também destacam que a falta de atividades práticas e a falta de preparo dos professores podem levar a dificuldades na assimilação dos conteúdos de Ciências Naturais no ensino fundamental.

Coadunando com a afirmação de Bueno e Kovaliczn (2009), ressalta-se que o professor de ciências precisa ter conhecimentos técnicos prévios para executar atividades experimentais e estar capacitado para lidar com diversos tipos de equipamentos, vidrarias, reagentes, substâncias tóxicas e contaminantes. É sabido que muitos professores não foram adequadamente preparados para realizar

atividades em laboratório durante a graduação, pois muitas vezes participaram das aulas práticas de forma passiva.

Além desses fatos supracitados, Fernandes (2011) apontou que o ensino de ciências experimentais enfrenta diversos desafios, tais como a falta de preparo dos professores, a escassez de recursos e materiais adequados, a dificuldade de estabelecer relações entre a teoria e a prática, e a falta de motivação e interesse dos alunos.

2 Abordagens teórico-práticas no ensino de ciências experimentais

De acordo com Vieira *et al.* (2008), a atual era da informação requer uma abordagem educacional que atenda às novas demandas dos indivíduos, incluindo o desenvolvimento de habilidades como autonomia, pensamento crítico, capacidade de relacionar variáveis e pesquisas. Conforme Villani e Nascimento (2003), o domínio da linguagem científica é uma competência fundamental para o aprendizado das ciências. Isso envolve não apenas o conhecimento dos termos técnicos, mas também a capacidade de estabelecer conexões entre eles dentro da estrutura do conhecimento científico.

Diante desse cenário, a escola precisa fornecer um ambiente propício ao desenvolvimento de situações comunicativas em sala de aula, que envolvam um diálogo colaborativo entre professor, estudante e o conhecimento em si. Isso possibilita a construção compartilhada do saber, estimula a participação e o engajamento dos estudantes em seu próprio processo de aprendizagem. Assim, se faz necessário a adoção de uma abordagem teórico-prática no ensino de ciências experimentais.

Conforme Suart e Marcondes (2009), as abordagens teórico-práticas são formas de ensino que combinam teoria e prática, a fim de proporcionar aos alunos uma compreensão mais completa e profunda do conhecimento. No contexto do ensino de ciências experimentais, essas buscam unir a teoria científica com a prática experimental, permitindo que os alunos compreendam não apenas os conceitos científicos, mas também a sua aplicação na vida real. Podem incluir atividades experimentais, resolução de problemas, estudos de caso, debates, entre outras estratégias de ensino que integram teoria e prática.

O quadro 1 traz a apresentação de algumas das abordagens teórico-práticas de ciências e seus benefícios para o processo ensino aprendizagem.

Abordagem teórico-prática	Benefícios para o processo de ensino-aprendizagem
Aprendizagem baseada em projetos	Construção colaborativa do conhecimento, desenvolvimento da criatividade, formação de opiniões, esclarecimento de dúvidas, busca por novos conhecimentos e trabalho em grupo.
Metodologias ativas de aprendizagem	Estimulação da aprendizagem e participação do aluno, utilização das dimensões sensório/motor, afetivo/emocional e mental/cognitiva, liberdade de escolha nas atividades propostas, postura ativa diante do aprendizado, desafios através de problemas e pesquisa para descoberta de soluções.
Ensino de ciências por investigação	Promoção do pensamento crítico, construção do conhecimento através da investigação e experimentação, estímulo à curiosidade e à criatividade, aprimoramento da capacidade de comunicação e argumentação, e desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas.
Argumentação na perspectiva sócio-histórico-cultural	Valoriza a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, levando em conta suas experiências, conhecimentos prévios e expectativas. Nesse sentido, os alunos são incentivados a construir suas próprias interpretações e a justificar suas ideias e opiniões de forma argumentativa.
Ensino por investigação e resolução de problemas	Foco na resolução de problemas reais e relevantes, estímulo ao raciocínio lógico e crítico, desenvolvimento da autonomia e da capacidade de trabalhar em equipe, promoção da interdisciplinaridade e da contextualização dos conteúdos, e aprimoramento das habilidades práticas e cognitivas.

Quadro 1 – Abordagem teórico-prática e seus benefícios
Fonte: Suart e Marcondes (2009) adaptado pelo autor (2023).

Conforme Suart e Marcondes (2009), caso uma aula experimental seja planejada de modo a colocar o estudante diante de um desafio, com o intuito de solucioná-lo, essa ação pode contribuir para o raciocínio lógico do aluno sobre a situação e apresentar argumentos na tentativa de analisar os dados e chegar a uma conclusão plausível. Caso o aluno tenha a possibilidade de acompanhar e compreender as fases da investigação, é possível que ele desenvolva a capacidade de criar hipóteses, testá-las e debatê-las, adquirindo conhecimento sobre os fenômenos estudados e os conceitos que os explicam, atingindo os objetivos de uma aula experimental, que valoriza o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico.

Esse fato do estudante ser protagonista de sua aprendizagem é o que propõe a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (2017), ao defender a promoção de práticas pedagógicas que estimulem a autonomia, a criatividade e a reflexão crítica do aluno em relação aos conteúdos aprendidos, contribuindo para a formação integral. A BNCC estabelece a necessidade de uma educação que não se restrinja apenas à transmissão de informações, mas que também desenvolva habilidades e competências essenciais para a vida pessoal e profissional do aluno, como a capacidade de resolver problemas, trabalhar em equipe e buscar soluções inovadoras. Nesse sentido, a organização de aulas experimentais que incentivem a

participação ativa do estudante pode ser uma estratégia eficaz para alcançar esses objetivos.

Portanto a BNCC (2017) preconizou a implementação de metodologias ativas no ensino de ciências, visando uma abordagem teórico-prática que promova a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento. Este enfoque engloba principalmente, a utilização de atividades experimentais dentre outras estratégias pedagógicas que estimulam a interação dos alunos com os conteúdos, fomentando a reflexão crítica sobre os fenômenos naturais e sua relação com a sociedade[1].

Desse modo, proporcionar aulas práticas representa uma oportunidade para aplicar a aprendizagem significativa. Entre os teóricos que discutiram a vivência ou experimentação educacional e a aprendizagem significativa, os estudos de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) são reconhecidos como pioneiros.

Para que haja aprendizagem significativa, a abordagem teórico-prática é fundamental para o ensino de ciências experimentais, pois permite uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos científicos. Além disso, essa abordagem possibilita aos alunos desenvolverem habilidades práticas e cognitivas, como a resolução de problemas e o raciocínio lógico (BIZZO *et al.,* 2013).

O ensino de ciências ainda precisa de aprimoramento, mesmo com o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). É necessário que seja mais prático, valorizando o conhecimento científico e cientistas, tendo uma concepção de ciência como processo e produto. É necessário valorizar os conhecimentos prévios dos alunos e sua vida cotidiana, e utilizar a interdisciplinaridade curricular como processo de ensino e aprendizagem. Esse ensino deve estar inserido em um contexto histórico, político e social, e ser um currículo participativo com influência de professores e alunos, envolvendo atividades na comunidade (BNCC, 2017).

Conforme Pinheiro e Santos (2019), a metodologia do ensino de ciências deve priorizar o desenvolvimento de habilidades como observação, classificação, registro e tomada de dados, construção de tabelas, análise, síntese e aplicação. É necessário que as estratégias metodológicas escolhidas sejam interativas e coloquem o estudante no centro do processo de ensino e aprendizagem. Também, é preciso selecionar informações relevantes para o currículo e estimular o pensamento crítico dos alunos.

Ainda, Pinheiro e Santos (2019), afirmaram que as tecnologias digitais podem ser utilizadas como ferramenta para aprimorar o ensino de Ciências, mas é importante

[1] Por aprendizagem significativa entendo uma aprendizagem que é mais do que uma acumulação de fatos. É uma aprendizagem que provoca uma modificação, quer seja no comportamento do indivíduo, na orientação futura que escolhe ou nas suas atitudes e personalidade. É uma aprendizagem penetrante, que não se limita a um aumento de conhecimento, mas que penetra profundamente todas as parcelas da sua existência. (ROGERS, 2001, p. 01).

que sejam utilizadas de maneira crítica e reflexiva, e não de forma isolada. Elas podem auxiliar na construção de modelos virtuais e na visualização de conceitos abstratos, por exemplo. Outro aspecto importante é a formação dos professores de Ciências, que deve ser contínua e atualizada, possibilitando o desenvolvimento de novas metodologias e práticas pedagógicas. A formação também deve contemplar o uso das tecnologias digitais e a reflexão crítica sobre sua aplicação em sala de aula.

Nascimento (2011) pontuou a necessidade da adoção de uma abordagem teórico-prática no ensino de ciências, como forma de garantir uma formação mais crítica e reflexiva para os estudantes. Assim, a escola é um espaço privilegiado de formação humana e de construção da cidadania, sendo preciso repensar o papel da escola na sociedade, bem como a organização do currículo escolar e a adoção de abordagens pedagógicas mais adequadas aos desafios do mundo contemporâneo.

Por fim, é importante que haja uma aproximação maior entre os centros e museus de ciências e as escolas, possibilitando o acesso dos alunos a equipamentos interativos e práticas científicas mais avançadas, complementando o que é ensinado em sala de aula. Dessa forma, o ensino de ciências pode se tornar mais atrativo e significativo para os alunos, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e conscientes.

3 Avaliação da eficácia das abordagens teórico-práticas

Diversos estudos têm sido realizados para avaliar a eficácia das abordagens teórico-práticas no ensino de ciências experimentais, indicando que a utilização de atividades experimentais pode promover uma aprendizagem mais significativa e duradoura dos conceitos científicos pelos alunos, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico. Ressalta-se que a eficácia dessas abordagens depende da forma como são planejadas e implementadas, da adequação dos materiais e equipamentos utilizados, do nível de preparo dos professores e do contexto em que as atividades são realizadas (SUART; MARCONDES, 2009).

Conforme Pereira *et al* (2008), uma das formas de ensinar ciência de forma experimental é o uso de equipamentos interativos. Esses são ferramentas valiosas para o ensino aprendizagem de ciências, pois permitem que os estudantes participem ativamente do processo de construção do conhecimento, experimentando e testando hipóteses de forma lúdica e envolvente. Esses equipamentos podem ajudar a diminuir a distância entre a ciência e o cotidiano dos alunos, tornando o aprendizado mais significativo e prático.

O uso desses equipamentos interativos não deve substituir completamente a abordagem teórica tradicional, mas sim ser utilizada em conjunto com outras metodologias. Também é necessário que os professores sejam capacitados para

utilizar esses equipamentos de forma adequada, planejando atividades que levem em consideração as características dos alunos e os objetivos educacionais a serem alcançados (PEREIRA *et al*, 2008).

Conforme Nascimento (2016), as metodologias ativas de aprendizagem são formas inovadoras de educar que incentivam a participação ativa do estudante em sala de aula, utilizando todas as suas dimensões cognitivas, emocionais e motoras. O estudante tem a liberdade de escolher as atividades que serão realizadas, sendo desafiado por meio de problemas que o permitem pesquisar soluções de forma autônoma e criativa, em consonância com a realidade.

No contexto das ciências da natureza, a aplicação de metodologias ativas é essencial, pois permite que o estudante seja inserido na temática proposta em aula, fomentando o desenvolvimento da criatividade, da capacidade de formular opiniões e esclarecer dúvidas, além de promover a aquisição de novos conhecimentos e o trabalho em grupo. Com isso, esses se tornam mais ativos e participativos no processo de aprendizagem, o que pode levar a uma assimilação mais significativa e duradoura dos conteúdos abordados.

Segundo Pasquarelli e Benetti (2017), a abordagem de aprendizagem baseada em projetos, é altamente vantajosa para o ensino de ciências, pois permite que os estudantes construam seus próprios conhecimentos de forma colaborativa. Além disso, essa metodologia oferece uma variedade de instrumentos multimídia, como: gráficos, estatísticas, vídeos, aplicativos e programas simples, que despertam a curiosidade dos alunos e os levam a se interessar mais pelas aulas, já que utiliza situações do seu cotidiano.

O uso da metodologia de aprendizagem baseada em projetos possibilita que os estudantes se envolvam ativamente no processo de ensino-aprendizagem, trabalhando em conjunto na resolução de problemas e na busca por novos conhecimentos, promovendo o desenvolvimento da criatividade e habilidades como trabalho em equipe, resolução de problemas e pensamento crítico. Há possibilidade de se organizar as descobertas por meio dos instrumentos multimídia oferecidos pela metodologia, o que contribui para a compreensão dos conteúdos e enriquecimento do processo de aprendizagem (BORGES; ALENCAR, 2014).

A metodologia de ensino por investigação, segundo Santana *et al* (2018), pode ser efetiva e viável para o ensino de ciências na educação básica, contribuindo para a compreensão dos conceitos científicos e para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais. As atividades investigativas promovem a curiosidade, o questionamento e a experimentação dos estudantes, levando-os a compreender os conceitos científicos de forma mais significativa e a desenvolver habilidades de observação, comunicação e trabalho em equipe. Além disso, a metodologia contribuiu para a formação de cidadãos críticos e participativos, capazes de compreender e atuar em questões relacionadas à ciência e tecnologia.

Na área do Ensino de Ciências, alguns estudos têm se concentrado na relação entre a linguagem científica e a argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BUSTAMANTE, 2003, BOZZO, 2011). A prática discursiva-argumentativa é uma atividade que envolve os indivíduos em aspectos sociais, intelectuais e verbais. Ao serem expostos a diferentes pontos de vista, os estudantes são incentivados a produzir argumentos para justificá-los. A argumentação em sala de aula permite que os alunos expressem, construam e reconstruam seus pensamentos, ajudando-os a identificar suas próprias ideias e inconsistências. Observa-se que esses aspectos são considerados benéficos para a aprendizagem (VIEIRA; NASCIMENTO, 2009).

A construção do conhecimento científico envolve processos argumentativos, já que os cientistas não se limitam à observação e experimentação. Eles também são leitores e escritores que buscam convencer e serem convencidos. Portanto, para um ensino de ciências que busque se aproximar da prática científica, é importante considerar a argumentação como uma parte essencial do aprendizado (BOZZO, 2011). Dessa forma: "aprender ciências seria aproximar as formas de pensamento das pessoas à forma argumentativa pela qual a ciência é construída e debatida entre seus membros" (VIEIRA; NASCIMENTO, 2009, p. 83).

De acordo com Bozzo (2011), a argumentação é uma ferramenta que contribui para superar o modelo de Ensino de Ciências que se baseia apenas em experimentos e equações. Assim, as salas de aula devem ser espaços que incentivem a construção de argumentos, reflexões e o desenvolvimento do espírito crítico dos estudantes. Portanto, o papel do professor vai além da simples transmissão de fórmulas para que os alunos as utilizem em exercícios e avaliações, já que:

> Conhecer não apenas os conteúdos da Ciência, mas também seus pressupostos, limites de validade e influência contextual, permitem criticar o dogmatismo geralmente presente no ensino de Ciências (EC), além de promover o pensamento reflexivo e crítico (BOZZO, 2011, p. 20).

A citação apresenta a importância de não apenas conhecer os conteúdos da Ciência, mas também entender seus pressupostos, limites de validade e influência contextual. Esse conhecimento é fundamental para evitar o dogmatismo que muitas vezes está presente no ensino de ciências, onde as informações são passadas de forma autoritária, sem espaço para questionamentos ou reflexões, já que ao promover o pensamento reflexivo e crítico, os estudantes são incentivados a questionar as informações apresentadas e a buscar novas formas de compreender e interpretar o mundo ao seu redor. Essa abordagem possibilita uma aprendizagem mais significativa, onde o estudante é visto como um participante ativo e não como um mero receptor de informações.

E, por fim, a abordagem de investigação e resolução de problemas, segundo Levorato (2018), coloca o estudante no centro do processo de aprendizagem,

permitindo que ele seja o construtor de seu próprio conhecimento através da solução de problemas e investigações. Nessa metodologia, o professor atua como um facilitador, orientando e incentivando o aluno a explorar o tema em questão, buscar informações relevantes, propor soluções e avaliar seus resultados. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de análise e síntese, além de promover uma aprendizagem significativa e duradoura.

Observa-se que todas as abordagens teórico-práticas mencionadas têm benefícios para o processo ensino aprendizagem, cumprindo o indicado pela BNCC (2017), que é de colocar o estudante como personagem de seu processo de ensino aprendizagem. Ainda há desafios que impedem que essas sejam praticadas de forma integral, porém com o avanço tecnológico e global, há formas de adaptação das aulas de ciências, que podem impactar de forma positiva a educação e, consequentemente levar os estudantes ao pleno desenvolvimento, através das aulas de ciências experimentais.

Considerações finais

A experimentação em ciência representa uma área importante e desafiadora que requer uma abordagem teórico-prática para tornar o processo de aprendizagem mais significativo e engajador para os alunos. Nesse sentido, este artigo teve como objetivo investigar as principais abordagens teóricas e práticas relacionadas ao ensino de ciências experimentais, com foco na superação dos desafios enfrentados no contexto educacional contemporâneo.

As evidências apresentadas demonstram que as metodologias ativas, como a resolução de problemas, a investigação científica, a argumentação na perspectiva sócio-histórico-cultural e a experimentação, são eficazes para envolver os alunos e promover a construção de conhecimento de forma significativa. O papel do professor é fundamental na orientação dos alunos durante o processo de aprendizagem, e isso envolve o conhecimento técnico necessário para a realização de atividades experimentais e a capacidade de criar uma atmosfera de aprendizado interativa e colaborativa.

Há desafios a serem superados, como a falta de formação adequada para os professores no que diz respeito ao ensino de ciências experimentais e a falta de recursos disponíveis para a realização de atividades experimentais em algumas escolas. Sendo assim, é necessário pontuar que o ensino de ciências experimentais deve ser visto como uma oportunidade para os alunos se tornarem protagonistas de sua própria aprendizagem, desenvolvendo habilidades que serão úteis não apenas na vida acadêmica, mas também na vida cotidiana e em suas futuras carreiras.

Dessa forma, observa-se que é imprescindível que o Ensino de Ciências se preocupe não apenas em transmitir conteúdos, mas em desenvolver habilidades de pensamento crítico e reflexivo, contribuindo para a formação de estudantes capazes de compreender e interagir de forma consciente e crítica com a realidade em que estão inseridos.

Recomenda-se, portanto, que futuros estudos sejam realizados para investigar formas de superar esses desafios, bem como para aprofundar o conhecimento sobre o uso de diferentes abordagens teóricas e práticas no ensino das ciências da natureza frente aos desafios da contemporaneidade. Uma área que merece destaque para estudos futuros é a relação entre as atividades experimentais e o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como a criatividade, a curiosidade e o pensamento crítico. Essas habilidades são cada vez mais importantes para o sucesso dos alunos em um mundo em constante mudança e podem ser desenvolvidas por meio de atividades experimentais bem planejadas.

Referências

ARRUDA, S.M.; LABURU, C.E. Considerações sobre a função de experimento no ensino de Ciências. *In*: NARDI, Roberto (org.). *Considerações atuais no ensino de Ciências.* São Paulo: Editora Escrituras, 1998. p. 73-87,.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BIZZO, N.; MARQUES, R. F.; MANCINI, R. A. *Ensino de ciências:* fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2013.

BIZZO, N. *Ciências:* fácil ou difícil. São Paulo: Ática, 2002.

BOZZO, M. V. *Identificação dos perfis das pesquisas em argumentação no ensino de Ciências no período de 1988 a 2008*. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências - Ensino de Biologia) – Instituto de Biologia, Faculdade de educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BORGES, T. S.; ALENCAR, G. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. *Cairu em Revista*, v. 3, n. 4, p. 119-143, 2014.

BRASIL. *BNCC - Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017.

BUENO, R. S. M.; KOVALICZN, R. A. *O ensino de ciências e as dificuldades das atividades experimentais*. (2009). Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/23-4.pdf. Acesso em: 02 abr. 2023.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1992.

FERNANDES, I. M. B. *A perspectiva CTSA nos manuais escolares de ciências da natureza do 2º CEB*. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2011.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUSTAMANTE, J. D. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. Enseñanza de las ciências. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, v. 21, n. 3, p. 359-370, 2003.

KOVALICZN, R. A. *O professor de Ciências e de Biologia frente às parasitoses comuns em escolares*. 1999. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 1999.

LEVORATO, A. C. C.S. *O ensino por investigação por meio da resolução de problemas:* análise de uma sequência didática para o ensino de microrganismos e vírus. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Educação Matemática). Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

NARDI, R. (Org.). *Questões atuais no ensino de Ciências*. São Paulo: Escrituras, 2005.

NASCIMENTO, M. I. M. A centralidade da educação escolar na sociedade contemporânea. *Revista HISTEDBR On-line*, Campinas, SP, v. 11, n. 41, p. 102–113, 2012.

PASQUARELLI, B. V. L.; BENETTI DE OLIVEIRA, T. Aprendizagem baseada em projetos e formação de professores*:* uma possibilidade de articulação entre as dimensões estratégica, humana e sócio-política da didática. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 186–203, 2017.

PEREIRA, G. R., et al. Equipamentos interativos: uma contribuição dos centros e museus de ciências contemporâneos para a educação científica formal. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 1, p. 71-88, 2009.

PINHEIRO, M.T.F.; SANTOS, L.M. Reflexões sobre o ensino de ciências frente os desafios da Cibercultura. *Boletim GEPEM,* [S. l.], n. 75. P.89-103, 2019.

ROGERS, C.R. *Tornar-se pessoa*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

SANTANA, R.S. et al. O ensino de ciências por investigação nos anos iniciais: possibilidades na implementação de atividades investigativas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 3, p. 686-710, 2018.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em educação em ciências*, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SUART, R. C; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino de química. *Ciências e Cognição*, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S.S.; VILLANI, C. E.P. Características discursivas de um episódio de estágio de docência em acordo com os PCNs: um exemplo a partir da diferenciação entre massa e peso. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 2, p.72-94, 2008.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S.S. A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 8, n. 3, p. 187-209, 2003.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

Educação a distância com suporte através de robô de conversação e linguagem natural

DISTANCE EDUCATION SUPPORTED THROUGH CONVERSATION ROBOTS AND NATURAL LANGUAGE

EDUCACIÓN A DISTANCIA APOYADA A TRAVÉS DE ROBOT DE CONVERSACIÓN Y LENGUAJE NATURAL

Paulo Henrique Souto Maior Serrano
Universidade Federal da Paraíba
paulohsms@gmail.com

Ruben Gabriel de C. Fontes da Silva
Universidade Federal da Paraíba
rubengcfs@gmail.com

João Vítor Corrêa Soares
Universidade Federal da Paraíba
joaovitorsoares0802@gmail.com

Samisses Ramalho Santos
Universidade Federal da Paraíba
samisses.r@gmail.com

Resumo

Educação a distância constitui uma modalidade de ensino e aprendizagem condicionada pela disponibilidade de acesso às tecnologias de mediação e pelo letramento digital dos atores desse processo. O desafio de adquirir competência para utilizar as tecnologias de mediação demanda esforços que são adicionados ao próprio conteúdo educacional que é transmitido nas aulas. Auxiliar estudantes e professores no uso da tecnologia Moodle através de um robô de conversação foi uma abordagem implementada na Superintendência de Educação a Distância da Universidade Federal da Paraíba para diminuir as dificuldades com o uso da tecnologia. O *chatbot* desenvolvido foi capaz de atender os pedidos dos estudantes, dar suporte aos professores e esclarecer dúvidas frequentes, reduzindo assim a sobrecarga de atendimentos do suporte humano. A pesquisa deste artigo foi fundamentada com a *design science e teve como* metodologia o estudo de caso na apresentação das etapas e desafios no desenvolvimento da robô de conversação batizada de Dorinha. A solução utilizou o processamento de linguagem natural para o entendimento das intenções dos interlocutores objetivando reduzir o impacto das requisições e chamados destinados ao setor de suporte da instituição em que foi implementada.

Palavras-chave: *chatbot*, robô de conversação, processamento de linguagem natural, moodle

Abstract

Distance education is a teaching and learning modality conditioned by the availability of access to mediation technologies and the digital literacy of the actors in this process. The challenge of acquiring competence to use mediation technologies demands efforts added to the educational content transmitted in classes. Helping students and teachers in the use of the learning management system Moodle through a conversation robot was an approach implemented by the Superintendence of Distance Education of the Federal University of Paraíba to reduce difficulties with the technology. The chatbot developed was able to respond to students' requests, support teachers, and answer frequent questions, thus reducing

the overload of human support. The research of this article was based on design science and it had as methodology the case study in the presentation of the steps and challenges in the development of the conversation robot named Dorinha. The solution used natural language processing to understand the interlocutors' intentions, aiming to reduce the impact of requests and calls adressed to the support department of the institution in which it was implemented.

Keywords: chatbot, conversation robot, natural language processing, moodle

Resumen

La educación a distancia es una modalidad de enseñanza y aprendizaje condicionada por la disponibilidad de acceso a tecnologías de mediación y la alfabetización digital de los actores de este proceso. El reto de adquirir competencias para el uso de las tecnologías de mediación exige esfuerzos que se suman a los contenidos educativos que se transmiten en las clases. Ayudar a estudiantes y profesores en el uso de la tecnología Moodle a través de un robot de conversación fue un enfoque implementado en la Superintendencia de Educación a Distancia de la Universidad Federal de Paraíba para reducir las dificultades con el uso de la tecnología. El chatbot desarrollado fue capaz de responder a las solicitudes de los estudiantes, apoyar a los profesores y responder preguntas frecuentes, reduciendo así la sobrecarga del soporte humano. La investigación de este artículo se basó en la ciencia del diseño y tuvo como metodología el estudio de caso en la presentación de los pasos y desafíos en el desarrollo del robot de conversación denominado Dorinha. La solución utilizó procesamiento de lenguaje natural para comprender las intenciones de los interlocutores, con el objetivo de reducir el impacto de las solicitudes y llamadas destinadas al sector de apoyo de la institución en la que fue implementada.

Palabras clave: chatbot, robot de conversación, procesamiento de lenguaje natural, moodle

Introdução

A educação a distância, em seu formato assíncrono, possui diversos desafios pedagógicos e técnicos que se relacionam diretamente com a eficácia dessa modalidade de ensino. O aproveitamento do formato digital, depende, dentre outras variáveis, de como o estudante é capaz de interagir com os ambientes virtuais de aprendizagem que mediam a relação de ensino-aprendizagem.

As dificuldades e queixas recorrentes no trato com a tecnologia podem constituir impedimentos que interrompem a comunicação e atrapalham a interação do estudante com os colegas, professores e objetos de aprendizagem distribuídos nos diferentes sistemas de gerenciamento de aprendizagem.

Com o objetivo de minimizar o impacto desse tipo de interrupção ou dificuldade, a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), através da Superintendência de Educação a Distância (SEAD) desenvolveu um robô de conversação como estratégia auxiliar ao sistema de abertura de chamados de suporte endereçados aos servidores designados para o atendimento ao usuário.

Com a pandemia da Covid-19 e a conseguinte adoção de políticas de restrição de circulação – adotadas como forma de reduzir o contágio –, muitas empresas, escolas, instituições e a própria sociedade de um modo geral, viram-se obrigadas a migrar suas relações para os ambientes virtuais, o que intensificou os processos de digitalização e, na educação, a demanda por uma infraestrutura de educação remota.

O aumento da demanda por esse tipo de modalidade de ensino intensificou o volume de dúvidas que precisavam ser resolvidas pelas instituições para minimizar as

dificuldades inerentes ao uso de novas tecnologias. Dentre as diversas abordagens possíveis, destacamos neste artigo a utilização de um *chatbot* para atendimento às dúvidas de suporte da plataforma Moodle.

Chatbots têm sido amplamente utilizados como estratégia de suporte e atendimento eletrônico em empresas e instituições. Sua utilização, no âmbito dessa pesquisa, foi realizada como plano técnico para lidar com a recorrência de chamados feita por estudantes de cursos a distância, problema que causava sobrecarga ao suporte humano da SEAD.

A concepção da robô de conversação, chamada de Dorinha, foi realizada para suprir as demandas mais comuns, como: acesso ao sistema, recuperação de senha, materiais de apoio, recursos do sistema, entre outras necessidades. As questões mais complexas deveriam continuar sendo endereçadas aos profissionais responsáveis.

Esta pesquisa se baseia na teoria Design Science, ou ciência do artificial, que estabelece a importância de uma abordagem pragmática no planejamento e realização de uma pesquisa, bem como a busca por soluções concretas para problemas relevantes. O resultado desse trabalho de pesquisa foi apresentado como estudo de caso, destacando as etapas de planejamento e desenvolvimento, as decisões críticas realizadas no processo de criação e os resultados obtidos com a solução implementada.

Na fundamentação teórica deste artigo, foi apresentado a teoria *design science,* em conjunto com pesquisas que fundamentam a criação dos robôs de conversação e um panorama da aplicação desse tipo de tecnologia em diferentes contextos. O processo de desenvolvimento foi apresentado, de acordo com as etapas definidas na concepção da solução. Os resultados da implementação foram mensurados através da quantidade de sessões de usuário e das intenções identificadas pelo agente de conversação.

Dado o conjunto total de sessões abertas e considerando as respostas dadas pelo agente às dúvidas dos usuários, a utilização do *chatbot* atendeu sem encaminhar para o ser humano, mensalmente, mais de 90% das dúvidas trazidas em cada sessão de diálogo.

Espera-se que com a apresentação do processo de desenvolvimento da agente de conversação criada para a SEAD da UFPB, outras abordagens semelhantes possam ser desenvolvidas em outras instituições, contribuindo para a melhoria da qualidade do ensino a distância através da redução das barreiras tecnológicas mediadoras desse processo.

1. *Design Science*

O trabalho de pesquisa e desenvolvimento realizado para a criação e implementação da robô de conversação Dorinha foi fundamentado no paradigma da *Design Science*, ou ciência do artificial em tradução livre, que estabelece a importância de se pensar soluções pragmáticas para problemas definidos como objeto de análise (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

A *design science* é uma epistemologia de pesquisa baseada na abordagem prática e na relevância da pesquisa, o objetivo é criar soluções concretas para problemas reais. A preocupação não é restrita à construção de teorias ou generalizações, a *design science* busca desenvolver artefatos, criações concretas que resolvam problemas específicos.

Os artefatos podem ser caracterizados como tecnologias, metodologias ou modelos que possam ser aplicados a problemas reais, de modo a alterar os resultados de uma prática, em busca de mais eficácia, eficiência ou satisfação. A criação da solução Dorinha, é o resultado de uma abordagem que objetivou a maior eficiência no atendimento de demandas de usuário em sistemas virtuais de aprendizagem.

Uma importante diretriz dos trabalhos desenvolvidos com a *Design Science* é a sua validade pragmática, ou a utilidade da solução proposta, considerando custo-benefício, as características do ambiente e as reais necessidades dos interessados na solução (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015, p. 59).

A metodologia que se relaciona com a execução de pesquisas pragmáticas e que buscam o desenvolvimento de soluções ou artefatos é a *Design Science Research* (DSR) que pode ser implementada a partir de um conjunto de procedimentos, resultando na proposição de um artefato para a solução de um problema, capaz de trazer melhorias e benefícios para as pessoas e organizações (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

Para o desenvolvimento do robô de conversação Dorinha, nós procuramos utilizar o próprio design da solução como parte do processo de busca e pesquisa, então, com o objetivo de atender as demandas de suporte dos usuários dos sistemas de ensino a distância da UFPB, foram realizadas pesquisas, o desenvolvimento de protótipos de tecnologia e testes.

O design como um processo de busca estabelece a forma como a solução é construída, baseando-se em tentativas e erros, outras soluções já desenvolvidas e outros meios disponíveis para se atingir o objetivo. A abstração e concretização dos meios em abordagens é parte do processo criativo e de inovação que conduz a criação dos artefatos. Um bom *design* precisa que o seu *designer* conheça os requerimentos e limitações do contexto em que a solução será implementada e que tenha conhecimento sobre a forma como deverá implementar a solução, as técnicas e processos característicos das tecnologias implementadas (HEVNER et al., 2004).

2. *Chatterbot*

Conceitualmente desenvolvido ainda em 1950 pelos estudos de Alan Turing, com a publicação do artigo Computing Machinery and Intelligence (TURING, 1950), o termo "*chatterbot"* surge apenas em 1994, autoria de Michael Mauldin, criador do primeiro "*verbal robot*" (Verbot), a Julia. O termo remete a junção dos vocábulos *chatter* (pessoa que conversa) e *bot* (abreviação de *robot*), e descreve *softwares* (na forma de robôs) capazes de simular uma conversa com uma pessoa.

A partir do contexto gerado pelo artigo publicado por Turing, os *chatterbots* passaram a ser objeto de estudo dentro do campo da Inteligência Artificial, que tornou possível o desenvolvimento de sistemas para esse fim (LIMA, 2017). Novos modelos, baseados em técnicas avançadas de *Artificial Intelligence* e *Machine Learning*, tornaram essas soluções ainda mais complexas, de maneira que podem ser agrupadas em três grandes paradigmas ou gerações (SGOBBI et al., 2014). A primeira baseia-se na associação de padrões e regras sintáticas. A segunda, por outro lado, relaciona-se com as redes neurais artificiais. A terceira, de outro modo, ancora-se no uso das linguagens de marcação AIML.

Em 1966, a partir da substituição de caracteres e da identificação de palavras-chave, foi desenvolvida a ELIZA, que era capaz de simular um psicólogo virtual e ajudar pacientes (CORREA; VIANA; TELES, 2021). Um outro chatterbot de destaque foi a A.L.I.C.E (Artificial Linguistic Internet Computer Entity), desenvolvido por Richard Wallace em 1995, o primeiro modelo a utilizar a tecnologia AIML (Artificial Intelligence Markup Language), uma linguagem baseada em XML (Extensible Markup Language) desenvolvida para criar, através de *softwares*, diálogos que simulam a linguagem natural (CORREA; VIANA; TELES, 2021).

Masche e Le (2017) apontam que novas formas de interação entre homem e máquina estão mudando para interfaces baseadas em linguagem natural. Nesse ponto, o PLN (Processamento de Linguagem Natural) se apresenta como uma abordagem para a análise dos problemas envolvidos na geração e compreensão automática de linguagem natural.

Tais modelos ancoram-se no uso de métodos linguísticos para realização de rotinas, como a extração de termos e o reconhecimento de sentenças a partir da análise sintática. Não temos, no entanto, nesta pesquisa, o objetivo de explorar os conceitos envolvidos no entendimento técnico dessa abordagem.

A definição que de Lima (2017) esclarece o que pode ser compreendido como Processamento de Linguagem Natural (PLN):

> É uma subárea da Inteligência Artificial (IA) que se concentra no estudo da geração e compreensão automática de línguas humanas naturais. Para tal, modelos computacionais são desenvolvidos com objetivo de realizar tarefas para alcançar a compreensão da linguagem humana. (LIMA, 2019, p.34)

Baseando-se nessa técnica, novas soluções de *chatterbots*, desenvolvidos por gigantes de tecnologia como IBM, Google e Amazon, se notabilizaram nesse cenário. Ferramentas como Watson (IBM, 2010), Dialogflow (Google, 2016) e Alexa (Amazon, 2014) são algumas dessas tecnologias.

Adquirido pelo Google em 2016, o Dialogflow (antigo “API.AI”) consiste numa plataforma de compreensão de linguagem natural que provê uma interface para criação de sistemas de conversação web. Embora não possua integração direta com o Whatsapp, dependendo de serviços externos para enviar informações para essa plataforma, o Dialogflow se destaca por sua interface de fácil entendimento, *snippets* para incorporação em diferentes ambientes, integração com *back-end* – que fornece

capacidade para criação de *callbacks* personalizados por meio de *webhooks* – e integração às principais APIs de comunicação, motivos que influenciaram nossa decisão ao optar por essa ferramenta.

A aplicação desse tipo de tecnologia em contextos educacionais foi abordada no artigo “Chatbots na educação: uma revisão sistemática da literatura” (KUYVEN, et. al. 2018). Nele os autores fazem um levantamento bibliográfico em torno do uso e aplicação dos *chatbots* na educação. A Revisão Sistemática de Literatura, ou RSL, baseou-se em uma amostra de 16 artigos.

É relevante ressaltar as diversas aplicações educacionais da tecnologia dos *chatbots* destacadas por esse estudo. Os resultados apontam para uma distribuição equilibrada entre diferentes propósitos como: implementar um *chatbot* para uso educacional, em cinco artigos; utilizar um *chatbot* como tutor inteligente, outros cinco artigos; propor uma metodologia própria de desenvolvimento, em quatro artigos; criar um *chatbot* adaptativo, quatro artigos; realizar a avaliação do *chatbot,* tema presente em três artigos; autoaprendizagem, em três artigos; aprendizagem colaborativa, três artigos e mediação da aprendizagem, também três artigos (KUYVEN et. al., 2018).

Esses resultados demonstram como a utilização dessas ferramentas se alinha ao ambiente educacional, revelando características instrucionais que estão diretamente relacionadas ao uso dos *chatbots* como um suporte eficaz para a educação a distância (EaD).

3. Design de conversações

A interação com robôs de conversação caracteriza-se pela execução de tarefas sem o uso extensivo de recursos visuais, transferindo para o desenvolvedor a responsabilidade de criar soluções que permitam aos usuários alcançar seus objetivos utilizando, de forma predominante, interações textuais.

Os estudos sobre a usabilidade de um sistema têm como objetivo abordar questões relacionadas à facilidade de uso, aprimorando a performance e eficiência do usuário na realização de tarefas. A experiência do usuário é mais ampla e abrange mais variáveis que estão relacionadas intrinsecamente coma ideia de satisfação.

O conceito de experiência do usuário, ou UX, apreende um conjunto de necessidades que ultrapassam as questões instrumentais estendendo-se para o reconhecimento de fatores subjetivos e complexos. A UX relaciona-se com as expectativas, humor e motivação do usuário, as características do sistema também são levadas em consideração, bem como o contexto em que a interação acontece (HASSENZAHL; TRACTINSKY, 2006).

O desenvolvimento de um robô de conversação, deve considerar esse conjunto de variáveis, além da eficiência. O contexto, por exemplo, é uma importante variável para determinar a satisfação com que o usuário realiza uma tarefa, de modo que a busca pela ajuda de um robô de suporte, já implica a frustração diante de uma tentativa autônoma que deu errado.

O desafio de criar uma interação textual capaz de resolver o problema de um usuário insatisfeito requer um planejamento sobre os aspectos subjetivos que envolvem a interação do usuário e as consequentes decisões do processo de criação. A escolha do vocabulário, a definição de como o usuário deve saber as opções que lhe serão oferecidas e como o robô vai lidar com as falhas provocadas pelos diálogos imprevisíveis.

Um erro, ou falha nesse tipo de interação, resulta na quebra do fluxo conversacional, levando o usuário para um percurso não previsto pelos desenvolvedores, algo inevitável. Assim, torna-se crucial estabelecer de forma criteriosa a maneira pela qual o usuário pode se recuperar de erros e retomar o fluxo de comunicação. Essa abordagem contribui para uma experiência positiva do usuário (MARIC, 2018).

O processo de criação de robôs de conversação desenvolvido nessa pesquisa fundamenta-se nos princípios de uma boa experiência do usuário, na tentativa de minimizar os erros, e tornar o processo de recuperação desses erros, mais fluído e agradável para o usuário.

4. Desenvolvimento da Dorinha

A agente conversacional Dorinha foi concebida para atuar na automatização de processos que causavam sobrecarga ao suporte humano da SEAD (Superintendência de Educação a Distância), responsável pela unidade de educação a distância dentro da UFPB.

Como objetivo, o projeto incumbiu-se da criação de um *chatbot* que pudesse intervir nas solicitações mais recorrentes, como alteração de senhas, acesso ao sistema e dúvidas relacionadas à utilização do sistema Moodle, reduzindo, dessa forma, a abertura de chamados ao suporte da SEAD.

Como principais rotinas, foram implementadas: abertura de *ticket*, para chamados ao suporte; alteração e recuperação da senha de acesso, para login no sistema; resposta para dúvidas referentes ao uso do Moodle pelos professores, como inserção de notas, arquivos e certificados; e interações lúdicas, como foco na experiência do usuário.

Para o desenvolvimento, buscamos a plataforma de compreensão de linguagem natural Dialogflow. O Dialogflow provê um ambiente de fácil entendimento para a criação de interfaces conversacionais que podem ser integradas com dispositivos móveis, aplicações web e outros sistemas interativos, por isso a consideramos mais apropriada.

A maior parte das plataformas baseadas em PLN, fundamentam-se nos conceitos de *intent* (intenção) e *entities* (entidades), pilares de construção da compreensão da linguagem natural. Esses conceitos, junto a outras abstrações, também fundamentam os princípios básicos do Dialogflow.

Os agentes de conversação, como são chamados os robôs dentro da plataforma, são assistentes virtuais que processam conversas com o usuário final, isto é, com o

client. Ele pode ser considerado um módulo de PLN, que busca compreender todas as nuances da linguagem natural. De acordo com a documentação oficial da ferramenta, um agente do Dialogflow "é semelhante a um agente humano de *call center*. Você o treina para que lide com os cenários esperados em conversas, e o treinamento não precisa ser excessivamente explícito. " (GOOGLE CLOUD, 2022)

A primeira etapa foi a criação de um agente chamado Dorinha, uma referência ao fato de que estávamos criando uma nova funcionária ou servidora do setor de EaD. A servidora virou Dôra, derivando daí o diminutivo que nomeia o agente. A imagem 1 apresenta a agente de conversação em funcionamento através da incorporação do código no Moodle.



Imagem 1 – Incorporação web da agente de conversação Dorinha no Moodle Classes da UFPB.
Fonte: Elaboração própria.

A partir do console do Dialogflow, também definimos alguns parâmetros, como *default language, default time zone* e *agent type*, predefinições básicas que controlam o comportamento do agente junto com as chamadas intenções. As intenções são responsáveis por identificar qual ação o agente deve tomar a partir da entrada que foi extraída do usuário final. Segundo a documentação oficial, uma *intent* "categoriza a intenção de um usuário final para uma tomada de turno de conversa" (GOOGLE CLOUD, 2022).

Tendo em vista a atuação da Dorinha como agente de suporte a cursos em EaD, definimos as seguintes intenções: 0-ajudaGeral, mail-backupTurmas, mail-ticketPadrao, sup-acesso, sup-bancoQUestoes, sup-inserirArquivos, sup-QuadroNotas, sup-senha.

As intenções "0-boasVindasPadrao" e "0-retornoPadrao", são *intents* criadas de maneira automática após a criação de um agente. Elas se relacionam, respectivamente, como intenção de entrada quando um usuário final conversa com o agente, e de saída, quando o agente não reconhece a expressão.

Em nosso fluxo de trabalho, definimos que as *intents* com prefixo “sup”, descrevem intenções de suporte, “0” representam intenções elementares e “off”, interações lúdicas. Uma *intent* é composta por quatro itens básicos, são eles: frases de treinamento, ações, parâmetros e respostas.

Para o Dialogflow, entidades são mecanismos que identificam e extraem dados úteis da entrada do usuário. A documentação descreve que cada parâmetro de uma intenção possui um tipo, chamado tipo de entidade, que dita como os dados de uma expressão de usuário final são extraídos.

Por padrão, a plataforma oferece várias entidades predefinidas de sistema com base nos tipos mais comuns de dados, como “@sys.color”, usado para extrair valores relacionados a cores e “@sys.date”, para data e hora. Para Dorinha, criamos a entidade “@TipoDeMoodle”, que identifica qual das instâncias (Moodle Classes, UAB ou PEX) o usuário está solicitando ajuda.

Os contextos, no Dialogflow, são usados para representar o contexto de uma conversa. Através desse mecanismo, é possível controlar os fluxos de uma conversa e diferenciar frases com sentidos ambíguos. Segundo a documentação, contextos “são semelhantes ao contexto da linguagem natural. Se alguém diz ‘eles são azuis’, você precisa de contexto para entender a que ‘eles’ está se referindo.” (GOOGLE CLOUD, 2022)

A intenção “sup-acesso” faz referência a chamadas relacionadas ao acesso nos sistemas Moodle. Foi adicionado um contexto de saída com nome “sup-acesso”, que é recebido como contexto de entrada na intenção “sup-primeiroAcesso” (que faz referência ao primeiro acesso no sistema Moodle). Com a utilização desse recurso, entradas relacionadas a primeiro acesso puderam ser interpretadas, pelo agente, como chamadas relacionadas ao contexto geral da intenção de acesso.

Com o *fulfillment*, é possível retornar respostas dinâmicas para um conjunto de intenções que tiveram esse componente ativado. Quando essa intenção é correspondida, o Dialogflow envia uma requisição do tipo POST para seu serviço de

webhook com informações sobre essa *intent*.

Para essa tarefa, criamos um servidor (utilizando NodeJS e ExpressJS), em seguida foi feita a conexão com o *webhook* (por meio da interface do Dialogflow) para troca de dados em tempo real sempre que o evento (intenção com *fulfillmente* ativado) for chamado.

Através da integração com o *webhook*, também pudemos implementar novos recursos, como o envio de e-mails pela interface conversacional através do módulo “Nodemailer” para NodeJS.

Embora não seja o objetivo geral desta pesquisa descrever o funcionamento das tecnologias e ferramentas citadas. Os conceitos e a lógica que definem sua utilização no projeto são fundamentais para a compreensão do processo de implementação. Os recursos oferecidos pela plataforma Dialogflow condicionaram o desenvolvimento do agente e consequentemente a sua implementação.

5. Soluções e desafios da implementação

O processo de criação e implementação da solução foi orientado por ciclos semanais de pesquisa e desenvolvimento, além da divisão de tarefas entre os colaboradores do projeto. Neste tópico serão apresentadas algumas decisões relacionadas ao processo de criação que foram consideradas relevantes e podem ser objeto de melhorias incrementais ou reprodução em outros contextos.

A utilização de protótipos de tecnologia foi uma importante decisão de *design* que permitiu a verificação de como os diferentes recursos do Dialogflow poderiam ser implementados para a aplicação concreta.

O teste para envio de mensagens pelo Whatsapp não retornou um resultado positivo, a equipe não conseguiu realizar a integração sem a utilização de serviços de terceiros como o Twilio, para o envio e recebimento de mensagens por essa plataforma. Optou-se por não realizar essa integração no mínimo produto viável que foi implementado. O impacto no desenvolvimento foi considerado insuficiente em relação ao benefício que o uso dessa plataforma traria para o usuário, uma vez que a maior parte desses usuários estaria conectada direto nos sites e poderiam esclarecer suas dúvidas por lá.

O outro protótipo de tecnologia realizado nos estágios iniciais do processo envolveu o envio de e-mails diretamente pelo agente de conversação. Os envios de e-mail seriam utilizados posteriormente para contactar o suporte no caso da dúvida ou problema não poder ter sido solucionado pela Dorinha. Para isso, foi utilizado uma aplicação em NodeJS que se conecta com o Dialogflow por meio de um *webhook. A* aplicação externa utiliza o módulo Nodemailer que faz o envio dos e- mails de forma simplificada. A documentação do Dialogflow orienta com precisão os procedimentos para a integração. Essas ferramentas foram utilizadas apresentando um resultado positivo para essa funcionalidade.

O objetivo do disparo de e-mail era a abertura de chamados de suporte direto no *software* já utilizado pela equipe de suporte, para reduzir a necessidade de verificação em outro local, o que impactaria o fluxo de trabalho. Desse modo, a função sendMail() foi utilizada de modo que o remetente da mensagem poderia ser alterado para o e-mail inserido pelo usuário no chat com a Dorinha, durante a troca de mensagens para a abertura do *ticket*.

Um protótipo de interação e experiência do usuário também foi desenvolvido, utilizando uma estrutura de interação por meio de números. A Dorinha iniciava o diálogo apresentando um conjunto de opções enumeradas de uma lista, solicitando que o usuário escolhesse a opção que melhor representava a sua intenção.

Entendia-se que essa estrutura de interação seria mais direta, rápida e eficiente, já que não restaria dúvidas sobre a intenção dos usuários. Mas esse tipo de abordagem poderia resultar na redução da fluidez da conversa e da satisfação dos usuários, que interagiriam de forma muito mais mecânica. A opção por usar a linguagem natural e evitar a lista de opções permitiu que a Dorinha pudesse apresentar mais personalidade, provocar mais satisfação no usuário, e ainda oferecendo maior escalabilidade ao projeto, já que não havendo uma lista de intenções a ser acrescida, a equipe de desenvolvimento não precisaria se preocupar com a extensão dessa lista.

A abordagem de lista enumerada de opções requer que o usuário faça a leitura de todas as tarefas que a Dorinha poderia realizar para escolher a que melhor o atende. Um robô de conversação que atende problemas de professores, alunos certamente teria muitas respostas o que inviabilizaria a apresentação em lista.

Um outro desafio, para a equipe de desenvolvimento da Dorinha foi a disponibilização do serviço para três instâncias diferentes do Moodle. Algumas das respostas programadas realizavam o envio de uma URL única, o que seria um problema para o caso de haver mais de uma possibilidade de dúvidas.

Foi cogitado inicialmente criar três versões da Dorinha, uma para cada site, mas essa decisão geraria um impacto muito grande na escalabilidade das intenções. Pois cada nova resposta que a Dorinha poderia dar, teria que ser implementada em outros dois agentes, o que triplicaria os custos de manutenção.

Com essa finalidade, optamos inicialmente por obter a informação da instância utilizada pelo usuário durante a conversa com o *chatbot*, modelando assim as respostas para que se relacionassem ao contexto do aluno ou professor. No entanto, isso se mostrou ineficaz, pois teríamos que fazer uma pergunta pro usuário responder a instância que ele se referia todas as vezes que a dúvida fosse endereçada, criando uma nova interação e reduzindo a eficiência do processo.

A solução definitiva para esse problema foi a utilização de uma resposta do tipo *Custom Payload* com um *richContent* que possibilitaria o envio dos links de cada uma das três instâncias na resposta da conversa no formato de botões, sem escrever a URL por extenso. Os botões clicáveis aparecem no *chat* incorporado e no Telegram contendo os nomes das três instâncias do Moodle disponíveis. Dessa forma, quando o usuário seleciona uma das opções clicando nelas, ele é automaticamente redirecionado para a página de destino correspondente.

No processo de incorporação da agente de conversação Dorinha nos sites optou-se por um posicionamento menos intrusivo, com um pequeno ícone com a ilustração da personagem posicionada no canto inferior direito da página. O recurso de incorporação foi inserido sem a abertura automática da conversação de boas- vindas, entendendo que se trata de uma solução que não deve necessariamente ser utilizada por todos os usuários da plataforma, o formato de apresentação mais discreto foi implementado e a divulgação da novidade foi realizada em outras plataformas de comunicação da instituição.

Considera-se que as decisões no processo de design, são fundamentais para a reprodução da experiência em outros contextos, desse modo o quadro 1 foi elaborado para sintetizar esse conjunto de procedimentos, facilitando assim, a consulta para implementações posteriores.

Desafio da criação	Abordagem ou resposta da criação
Enviar mensagens pelo Whatsapp	Não utilizar. O impacto no desenvolvimento demonstrou ser inviável para o momento.
Enviar e-mails diretamente pelo agente	Criar um *webhook* no Dialogflow apontando para uma aplicação NodeJs, com o módulo Nodemailer e a função sendMail().
Estruturar a interação com usabilidade	Utilizar linguagem natural para responder as intenções dos usuários.
Apresentar respostas para três instâncias do Moodle	Utilizar o *Custom Payload* no Dialogflow contendo *richContent* para a criação de botões com links.
Divulgar a agente de conversação	Comunicar a novidade através dos canais de divulgação da instituição.

Quadro 1 – Desafios da criação e as abordagens utilizadas para resolvê-los.

Espera-se que as decisões de criação e os desafios evitados e abordados na criação do agente de conversação Dorinha, e apresentados nessa pesquisa possam facilitar o trabalho de desenvolvimento de outros agentes em outras instituições.

6. Resultados de utilização

O robô de conversação Dorinha foi inserido, em 14 de novembro de 2021, através do código de incorporação, como um elemento sobreposto em todas as três instâncias do moodle da UFPB, o Moodle Classes, o Moodle UAB, e o Moodle PEX.

A incorporação da solução Dorinha em três plataformas públicas de ensino a distância na UFPB, foi realizada e monitorada em um intervalo de 227 dias, resultando na interação da robô de conversação em 4883 sessões de usuários. No conjunto de sessões abertas, as intenções mais recorrentes e a intenção de abertura de chamado foram destacadas na tabela 1.

Período	Sessões	Mudar Senha	Recuperar Senha	Intenções em Sessões	
				Primeiro Acesso	Abertura de *ticket*
Novembro de 2021 (15 dias)	961	33	12	4	7
Dezembro de 2021	525	29	13	2	10
Janeiro de 2022	101	12	5	5	4
Fevereiro de 2022	731	77	45	84	64
Março de 2022	952	72	51	60	62
Abril de 2022	659	74	63	31	45
Maio de 2022	954	95	65	23	25
Total	**4883**	**392**	**254**	**209**	**217**

Tabela 1 – Dados das sessões de usuários com a frequência das três interações mais comuns e a intenção de abertura de *ticket* de suporte no diálogo com a robô de conversação Dorinha

É possível inferir, a partir dos resultados trazidos na tabela 1, que o fator novidade do recurso implementado, condicionou o alto volume de interações em seu lançamento em novembro de 2021. As sessões em janeiro demonstram-se abaixo dos outros meses em razão do período de férias.

Em fevereiro e março é possível identificar um alto volume de usuários com intenção de resolver problemas ligados ao primeiro acesso à plataforma, o que caracteriza o período de começo de semestre com a recepção de novos estudantes na instituição. Essa época também provoca o aumento da quantidade de sessões de usuários e *tickets* abertos para o suporte humano.

As análises dos dados posteriores ao lançamento do robô possibilitou a identificação de quais pontos ainda precisam de melhorias e qual etapa do atendimento está funcionando corretamente. Os resultados alcançados foram os desejados, entregando um sistema capaz de auxiliar tanto professores como alunos, evitando assim, o acúmulo desnecessário de chamados para os funcionários da SEAD. Dessa forma, resolver parte da demanda, possibilita que os servidores humanos possam dedicar mais tempo para atividades mais complexas.

Monitorar os dados de acesso e acompanhar as interações dos usuários como parte do constante treinamento da robô pode contribuir para tornar a comunicação mais assertiva e, consequentemente, aumentar a confiança dos usuários de que o robô será capaz de resolver o seu problema.

A implantação do *chatbot* como assistente dentro das plataformas Moodle demonstrou-se adequada. Os dados apresentados mostram que, em fevereiro, mês de recepção de novos alunos, apenas 8,7% das interações com a robô foram destinadas à abertura de *ticket,* pressupondo-se que a Dorinha pode ter conseguido atender a demanda ou suprir a curiosidade de mais de 90% dos usuários que interagiram com ela.

Implantar um *chatbot* voltado ao atendimento resolveu problemas, respondeu dúvidas que os usuários levaram até ele, de forma ágil, direta e eficiente. Como um benefício adicional essa abordagem pode reduzir a sobrecarga de chamados no fluxo de trabalho do atendimento humano.

Através do monitoramento, foi também possível identificar a necessidade de desenvolver soluções para outros problemas dentro do Moodle. Algumas dúvidas mais simples constituem problemas que ainda são responsáveis por criar chamados de atendimento humano. Soluções que podem ser oferecidas pela Dorinha na forma de links para tutoriais ou e-cartilhas, bem como caminhos de navegação que podem ser orientados diretamente no *chat* são recursos capazes de aumentar a capacidade de resolução de problemas e a eficiência de todo a dinâmica de suporte e atendimento aos usuários das plataformas.

Considerações finais

Utilizado como ferramenta de suporte ao EaD, os *chatbots*, uma vez integrados aos AVAs (Ambientes Virtuais de Aprendizagem), podem auxiliar estudantes e professores a reduzir o impacto que as tecnologias de mediação exercem na relação de ensino e aprendizagem.

O desenvolvimento da robô de conversação utilizando a plataforma Dialogflow com objetivo de atender três ambientes Moodle apresentou resultados satisfatórios para o caso especificado. O desenho da pesquisa não permitiu a identificação de quantos *tickets* de suporte deixaram de ser abertos. Os dados de sessões de usuário trazidos na pesquisa permitem apenas a pressuposição de que os usuários que conversaram com a robô nas diversas intenções de conversação correspondem a usuários que podem ter deixado de criar chamados por terem resolvido suas dúvidas.

Para pesquisas futuras, a realização de uma análise comparativa entre diferentes períodos, incluindo anos anteriores é considerada desejável. Essa pesquisa pode incluir a comparação dos resultados obtidos pela robô com os atendimentos feitos por telefone e as resoluções realizadas por e-mail ou pelo sistema de chamados. Ao avaliar todos os dados de atendimento, poderíamos verificar de forma mais precisa quais são as vantagens proporcionadas pela implementação da Dorinha. Essa análise abrangente dos dados de atendimento nos permitiria obter *insights* valiosos sobre o impacto e a eficácia dessa tecnologia.

Outra perspectiva futura de pesquisa é a condução de testes de usabilidade com os usuários da solução para verificar a expectativa, satisfação e a facilidade na realização das tarefas, a partir das instruções oferecidas pelo robô de conversação. Investigar a capacidade do robô de resolver o problema do usuário pode trazer respostas sobre a eficácia da solução.

A pesquisa também apresentou a limitação no processo de integração com o Whatsapp, uma vez que não foi possível ter acesso à API do aplicativo. Por questões comerciais e de segurança, o Whatsapp não fornece sua API a pequenas empresas, grupos ou desenvolvedores independentes. Embora diversas pesquisas tenham sido realizadas a fim de buscarmos maneiras que pudessem contornar esse problema, nenhuma solução, gratuita e escalável, foi encontrada.

A pesquisa apresentou as etapas e procedimentos para o desenvolvimento do robô de conversação Dorinha destinado ao atendimento dos usuários da educação a distância da UFPB. Fundamentando-se na *Design Science,* evidencia como a utilização de *chatbots*, empregados dentro de uma lógica de suporte on-line, se alinham ao contexto educacional na perspectiva da EaD.

Espera-se que a partir dos resultados obtidos nesse trabalho, seja possível o uso desse tipo de solução de *software* como estratégia de suporte à EaD por outras instituições, cursos de extensão e grupos de estudo.

Referências

CORREA, Joeckson; VIANA, Davi; TELES, Ariel. Desenvolvendo ChatBots com o Dialogflow. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 41, 2021, Florianópolis. *Anais* [...]. Florianópolis, 2021.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JÚNIOR, José Antonio Valle Antunes. *Design science research:* método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

GOOGLE CLOUD (organização). *Agentes | Dialogflow CX | Google Cloud.* 2022. Disponível em: https://cloud.google.com/dialogflow/cx/docs/concept/agent?hl=pt-br. Acesso em: 11 jun. 2022.

HASSENZAHL, Marc; TRACTINSKY, Noam. User experience: a research agenda. *Behaviour & Information Technology*, v. 25, n. 2, p. 91-97, 2006.

HEVNER, Alan R. *et al*. Design science in information systems research*. MIS Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 75-105, mar. 2004.

KUYVEN, Neiva Larisane et al. Chatbots na educação: uma Revisão Sistemática da Literatura. *Renote*, v. 16, n. 1, 2018.

LIMA, Carlos Eduardo Teixeira. *Um Chatterbot para criação e desenvolvimento de ontologias com lógica de descrição.* 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

MARIC, Zeljko. *The User Experience of Chatbots.* 2018. Tese (Doutorado) - Copenhagen Business School, Frederiksberg, Dinamarca, 2018.

MASCHE, Julia; LE, Nguyen-Thinh. A review of technologies for conversational systems. *In*: International Conference on Computer Science, Applied Mathematics and Applications. *Proceedings* [...]. Cham: Springer, 2017. p. 212-225.

SGOBBI, Fabiana Santiago *et al*. Interação com artefatos e personagens artificiais em mundos virtuais*. In*: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), 2014, São Paulo. *Anais* […]. São Paulo, 2014. p. 642. Disponível em: http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/2994. Acesso em: 15 out. 2022.

TURING, Alan Mathison. Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, New Series, v. 59, n. 236, p. 433-460, out.1950.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

O espaço e as relações sociais no conto “Os fuxicos da fonte do Taquari”, de Bernardo Élis

SPACE AND SOCIAL RELATIONS IN THE SHORT STORY “OS FUXICOS DA FONTE DO TAQUARI”, BY BERNARDO ÉLIS

ESPACIO Y RELACIONES SOCIALES EN EL CUENTO “OS FUXICOS DA FONTE DO TAQUARI”, DE BERNARDO ÉLIS

Ana Lúcia Silva Sousa Santana
Universidade Estadual de Goiás - UEG
https://orcid.org/0009-0000-5303-6523

Nismária Alves David
Universidade Estadual de Goiás - UEG
https://orcid.org/0000-0001-5278-4888

Resumo
Neste artigo, realiza-se uma leitura do conto “Os fuxicos da fonte do Taquari”, publicado pelo escritor goiano Bernardo Élis no livro *Veranico de janeiro* (1966). Sua ficção tem sido objeto de interesse de diferentes áreas do conhecimento e, aqui, especialmente para o campo dos Estudos Literários, objetiva-se abordar o espaço e as relações sociais no enredo. Para tanto, consideram-se os fundamentos teóricos sobre o espaço e a personagem, reflete-se sobre as contribuições do regionalismo para a literatura brasileira, a topoanálise e o cronótopo, a partir das ideias de estudiosos como Antonio Candido (1972), Alfredo Bosi (2003) e Mikhail Bakhtin (2002), entre outros. Os resultados obtidos estão expostos em duas partes: a primeira discute o espaço como representação da natureza do sertão goiano e observa as consequências da intervenção humana; e a segunda, por sua vez, enfoca as relações sociais no espaço, demonstrando a visão crítica sobre a realidade e o tom anedótico de um estilo de narrativa que, além de trazer um desfecho surpreendente para o leitor, revela o efeito do humor no modo de o narrador se relacionar com o mundo.

Palavras-chave: Conto. Espaço. Sociedade. Bernardo Élis.

Abstract
This paper reads the short story “Os fuxicos da fonte do Taquari”. The writer Bernardo Élis published this text in the book *Veranico de Janeiro* (1966). His fiction has been the subject of interest from different areas of knowledge. Here, especially for the field of Literary Studies, the aim is to approach the space and social relations in the plot. Therefore, the theoretical foundations about the space and the character are considered, and are reflected the contributions of regionalism to Brazilian literature, topoanalysis and chronotope, by authors such as Antonio Candido (1972), Alfredo Bosi (2003) and Mikhail Bakhtin (2002), among others. The results are presented in two parts. The first discusses space as a representation of the nature of the interior of Goiás and observes the consequences of human intervention. The second, in turn, focuses on social relations in space, demonstrating a critical view of reality and the anecdotal tone of a narrative style, which brings a surprising ending to reader and reveals the effect of humor on the narrator’s way refer to the world.

Keywords: Short story. Space. Society. Bernardo Élis.

Resumen
En este artículo se realiza una lectura del cuento “Os fuxicos da Fonte do Taquari”. Este texto fue publicado por el escritor Bernardo Élis en el libro Veranico de Janeiro (1966). Su ficción ha sido objeto de interés desde diferentes áreas del conocimiento y, aquí, especialmente para el campo de los Estudios Literarios, el objetivo es abordar el espacio y las relaciones sociales en la trama. Por lo tanto, se consideran los fundamentos teóricos sobre el espacio y el carácter, y se reflexiona sobre las contribuciones del regionalismo a la literatura brasileña, el topoanálisis y el cronotopo, en las ideas de eruditos como Antonio Candido (1972), Alfredo Bosi (2003) y Mikhail Bakhtin (2002), entre otros. Los resultados obtenidos se presentan en dos partes: la primera discute el espacio como representación de la naturaleza del interior de Goiás y observa las consecuencias de la intervención humana; y la segunda, a su vez, se centra en las relaciones sociales en el espacio, demostrando una visión crítica de la realidad y el tono anecdótico de un estilo narrativo, que trae un desenlace sorprendente para el lector y revela el efecto del humor en la forma en que el narrador se relaciona con el mundo.

Palabras clave: Cuento. Espacio. Sociedad. Bernardo Élis.

Considerações iniciais

O poeta, contista e romancista Bernardo Élis Fleury de Campos Curado (1915 -1997) é citado e aclamado por vários escritores, críticos literários e estudiosos de distintas áreas do conhecimento devido ao modo de abordar ficcionalmente as mais diferentes questões de ordem social, histórica, política, econômica e psicológica. Acerca da importância da sua escrita literária, a professora Albertina Vicentini (1998) declara que, desde o livro inaugural *Ermos e Gerais,* cuja publicação se deu em 1944, é possível abordar a produção do escritor por uma “via histórica de análise crítica” (VICENTINI, 1998, p. 240), tomando toda a sua obra e todo o contexto de sua produção em relação com a sociedade, a história, a crítica e a própria literatura.

Numa leitura inicial de Élis, depreendem-se diversos elementos de cunho regionalista, como a presença de figuras humanas típicas do sertão, seus costumes e crenças, a menção ao espaço geográfico do cerrado com destaque para o relevo, os rios, as espécies da fauna e da flora goianas. E, considerando o apontamento feito por Janaína Amado (1995, p. 146) de que o texto literário “que tem o sertão como *locus* ou se refere a ele” pode ser definido como regionalista, compreende-se por que a produção literária de Élis é incluída no rol de escritores regionalistas que buscaram interpretar o Brasil a partir do olhar sobre o sertão.

Além de ser uma referência institucionalizada que indica determinada área do espaço físico brasileiro, como se observa, por exemplo, nas pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no dizer de Amado (1995), o sertão é também uma categoria do pensamento social para a compreensão do Brasil: como colônia portuguesa e, depois, como nação. E ainda como uma categoria cultural que oferece matéria-prima importante para a escrita das narrativas que se desenrolam nesse ambiente e, de certa forma, dão a oportunidade do (re)conhecimento da(s) identidade(s) do interior brasileiro.

Convém lembrar a contribuição do regionalismo para a literatura brasileira desde o século XIX com o Romantismo, quando surgiu essa vertente literária que buscava desvendar a identidade da nação a partir da descoberta dos traços que caracterizavam os lugares mais recônditos do Brasil, distantes da Corte tão influenciada por costumes europeus. Antonio Candido, em *Formação da literatura brasileira,* concorda que “o romance brasileiro nasceu regionalista e de costumes, ou melhor, pendeu desde cedo para a descrição dos tipos humanos e formas de vida social nas cidades e nos campos” (CANDIDO, 2000, p. 101).

Em busca dessa identidade nacional também seguiram escritores do Realismo/Naturalismo, que priorizavam a transfiguração do real marcadamente atenta à verossimilhança, substituindo a visão romântica idealizada por uma visão mais crítica da realidade, revelando, por exemplo, a linguagem e os costumes locais. Conforme Herman Lima (2004), a captação da realidade como motivadora dos conflitos humanos é verificada na obra de escritores que desenvolveram o conto regional como, por exemplo, Afonso Arinos (*Pelo sertão*, 1898), Simões Lopes Neto (*Contos gauchescos*, 1916), Hugo de Carvalho Ramos (*Tropas e boiadas*, 1917), Monteiro Lobato (*Urupês,* 1918) e Valdomiro Silveira (*Os caboclos,* 1920).

Nessa perspectiva, também se observa o regionalismo no chamado Pré-modernismo, quando ocorre o sincretismo e a transição entre os períodos literários oitocentistas e a antecipação de traços que já seriam modernistas, enfocando diversos problemas e conflitos sociais brasileiros. Para Alfredo Bosi (2003, p. 306), é considerada pré-modernista a literatura que, no início do século XX, “problematiza a nossa realidade social e cultural”.

O ponto culminante da vertente regionalista no Modernismo ocorre a partir da consolidação do romance de 1930, quando os escritores da época escolhem temas relacionados aos problemas do Nordeste brasileiro, como a seca e os retirantes. Há quem diga que se trata de certo Neorrealismo que passa a predominar nesse momento da literatura brasileira modernista. Sem se preocupar com essas classificações, corresponde à abordagem, por parte dos ficcionistas, da tendência realista que resgata a verossimilhança, reunindo as temáticas sociais e psicológicas – elemento social somado ao elemento humano/psicológico – a realidade mais fidedigna possível, acrescentada de valores cultural, político e ideológico.

Pode-se constatar que Bernardo Élis tangencia essa geração de escritores, por construir uma obra onde se reconhece um panorama do sertão goiano com suas questões tais como coronelismo, patriarcalismo, latifúndio, jagunçaria, entre outras. Sua escrita concilia os aspectos sociais e históricos com elementos psicológicos, ultrapassando as fronteiras do regional para tocar questões humanas e, portanto, universais.

O que se passa com o sujeito representado (por exemplo, suas angústias) poderia se dar em qualquer espaço. Mesmo assim, ainda importa a definição de regionalismo feita por Afrânio Coutinho (1964, p. 202) ao afirmar que, em sentido amplo, “toda obra de arte é regional, quando tem por pano de fundo alguma região particular ou parece germinar intimamente desse fundo”. No que se refere à substância real que compõe a obra, Coutinho (1964) pontua:

> Essa substância decorre, primeiramente, do fundo natural - clima, topografia, fauna etc. - como elementos que afetam a vida humana na região; e em segundo lugar, das maneiras peculiares da sociedade humana estabelecida naquela região e que a fizeram distinta de qualquer outra. Este último é o sentido do regionalismo (COUTINHO, 1964, p. 202).

Na tensão entre determinado espaço natural e as relações sociais efetivadas nesse ambiente é que, de fato, há o sentido do regionalismo. Nessa direção, na coletânea *Veranico de Janeiro*, publicada por Bernardo Élis, em 1966, com a qual conquistou o Prêmio Jabuti em 1967, há a reunião de seis contos, são eles: “Veranico de janeiro”, “A enxada”, “Rosa”, “O padre e um sujeitinho metido a rabequista”, “Dona Sá Donana” e “Os fuxicos da fonte do Taquari”, sendo que este último constitui o *corpus* da análise aqui proposta.

O motivo da escolha de “Os fuxicos da fonte do Taquari” se deve ao fato de que corresponde a uma narrativa que retrata bem as formas de vida social, sendo uma das marcas contundentes na escrita de Élis, bem como traz a descrição dos espaços e as modificações a que estes são submetidos, resultantes da interação entre homem e natureza.

Para a interpretação do conto, coaduna-se com os estudos interdisciplinares, especialmente, considerando o campo literário em diálogo com os saberes geográficos e sociológicos. São fundamentais algumas observações sobre o regionalismo na literatura brasileira e, ainda, apontamentos teóricos sobre espaço, personagem, topoanálise e cronótopo a partir das ideias de estudiosos como Antonio Candido (1972), Alfredo Bosi (2003) e Mikhail Bakhtin (2002), entre outros. Isto posto, no artigo, os resultados estão organizados nas duas partes que se seguem: “espaço: representações imagéticas da natureza no sertão goiano” e “as relações sociais na narrativa ‘Os fuxicos da fonte do Taquari’”.

1 Espaço: representações imagéticas da natureza no sertão goiano

Com o propósito de investigar a categoria espaço e as relações sociais das personagens no conto “Os fuxicos da fonte do Taquari”, primeiramente, convém

lembrar que Gaston Bachelard (2008), em *A poética do espaço*, compreende o espaço como uma extensão indefinida que contém e envolve todos os seres e os objetos possíveis. O referido autor traz o conceito da topoanálise, “teoria do estudo psicológico sistemático de nossa vida íntima” (BACHELARD, 2008, p. 28), sendo que somente os pensamentos e a experiência sancionam os valores humanos.

O professor Ozíris Borges Filho (2008) lança mão dessa terminologia bachelardiana, porém amplia o conceito por entender que a topoanálise, além do estudo psicológico, envolve outras abordagens do espaço, visto que este “não se restringe à análise dos espaços íntimos, mas abrange também a vida social e todas as relações do espaço com a personagem, seja no âmbito cultural ou natural” (BORGES FILHO, 2008, p. 1).

O estudo do espaço e das relações sociais no conto em questão corresponde a uma forma de acompanhar o protagonismo da natureza e a dependência do homem em relação aos acontecimentos naturais no cerrado. A vida das personagens no pequeno vilarejo está totalmente condicionada à chegada da chuva, que, com a força das águas, derruba pontes, faz açudes arrebentarem e isola os moradores em suas casas. Atente-se para o que o narrador explicita logo nos primeiros parágrafos do texto:

> Aí, disparava a chover, ver poder d’água, com o capim crescendo, com os muros caindo, com os rios enchendo e levando os pontilhões, derrubando ranchos, carregando vacas, porcos e bezerros.
>
> [...]
>
> Para tirar leite, dava pancas. Bezerros sumiam nos pastos e se tinha de campear de manhã cedinho, com chuvinha molhando tudo, a carroça já velha a gente nem mesmo não sabia quem que pegou ela emprestada e não trouxe de volta. (ÉLIS, 2006, p. 117-118).

Antonio Candido (1972, p. 66), em seu capítulo “A personagem do romance”, afirma que, para François Mauriac, “o grande arsenal do romancista é a memória, de onde se extrai os elementos da invenção”. No conto “Os fuxicos da fonte do Taquari”, percebe-se, de início, que o olhar lançado ou mais bem emprestado ao narrador é guiado pela linha tênue da memória do escritor, como já dito pelo próprio Bernardo Élis em entrevistas, ao contar que, na sua infância, quando de férias na casa dos avós, na fazenda, observava e experimentava os hábitos da vida rural nos pequenos vilarejos e cidades interioranas de Goiás, posteriormente, fez dessas percepções a matéria de suas narrativas.

O narrador de Élis descreve, com riqueza de detalhes, as alterações causadas no espaço físico, bem como nas feições e comportamento das pessoas, das aves e dos animais, durante os períodos chuvosos, e ainda os diálogos

daqueles sujeitos que se arriscavam a espalhar as notícias dos estragos causados pela chuva:

> – Nas Galinhas não ficou roça nenhuma que o Rio levou tudinho.
>
> – Ei, menino, a ponte do córrego da Farinha rodou e agora o pessoal tem que cortar uma volta lá pela cabeceira do Piancó, uma volta de bem umas quatro léguas.
>
> – Na fazenda do Palmital, contavam, brotou um olho d’água mesmo no quarto de dormir do dono da casa, despotismo da água que estava correndo pra varanda e daí pro quintal. Fim do mundo. (ÉLIS, 2006, p. 117).

Nesse sentido, o conto apresenta uma narrativa caracterizada pela memória afetiva tanto individual quanto coletiva. A força da água e o caos por ela instaurado em decorrência da chuva são perceptíveis via a personificação na expressão “despotismo da água”. Essa caracterização retoma e reforça ao leitor o encontro muito importante entre os acontecimentos naturais e as ações humanas, pautadas na espera e na dependência da natureza para produzir a sua subsistência. Sobressaem-se as ações causadas pelo rompimento da água nos espaços por onde esta passa e desemboca, bem como nas relações das personagens que performam na narrativa.

Santos e Oliveira (2001, p.72) discorrem que “a literatura é arte capaz de reproduzir imagens da realidade, embora algumas sejam julgadas mais fidedignas que outras em determinados contextos” e, paradoxalmente, a repetição gera uma realidade distinta. De certo modo, em “Os fuxicos da fonte do Taquari”, é apresentada a trivialidade dos fuxicos, tão presentes em relações sociais e que atravessam gerações, adquirem novos meios de vinculação, mas permanecem como intrigas atreladas a juízos morais, presentes em todas as camadas da sociedade e pautadas a partir de um espaço de acontecimento dos fatos.

Ainda, os estudiosos Santos e Oliveira (2001, p. 83) apontam o espaço “como motor da memória”. Levando isso em consideração, no conto de Élis, é perceptível que, no espaço percorrido pela força da água, o narrador reorganiza as suas memórias, que possibilitam a motivação para expressar os temas e as personagens. A memória produz diversos pontos de vista sobre o espaço que: ora é intimidador, “despotismo da água”; ora destruidor, “fim do mundo”; ora místico, “urubu rezando em riba da casa”.

Entende-se que o espaço se constitui como uma categoria importante para o estudo da narrativa devido às articulações que mantém com os outros componentes, tais como a personagem, o narrador e o tempo. Fato que fica mais nítido quando se considera a relação do espaço com o sujeito que narra a história. Naquele espaço afetado pelas águas, por meio do emprego do discurso indireto livre, sobressai-se o narrador também como personagem: “E o sábia, ah, sabiazinho? Num soca os pés no meu coração, não, saudade!” (ÉLIS, 2006, p. 118).

Na inseparabilidade da fala do narrador e personagem, a memória ganha vida a partir das recordações.

No que se referem às demais personagens, vale lembrar que o ficcionista ao transcrever diretamente as falas, ou as expressões que caracterizam superstições e visões culturais específicas do homem do sertão, ajuda a decifrar e a descobrir muitos sentidos diluídos no texto, tamanha a relevância articulatória do espaço na narrativa com os seres que circulavam e povoavam aquele lugar.

Vários teóricos compartilham a ideia da indissolubilidade entre o tempo e o espaço. Mikhail Bakhtin (2002), em *Questões de literatura e estética*, ao discorrer sobre a teoria do romance, salienta o termo apropriado para demonstrar a parceria entre tempo (crono) e o espaço (topo). Trata-se do chamado cronótopo que se refere à intrínseca relação entre o tempo e o espaço na representação literária.

Nesse sentido, tempo e espaço também são e estão entrecruzados em “Os fuxicos da fonte do Taquari”, fato constatável na narrativa em trechos nos quais é descrito o período de estiagem, com ausência das chuvas, seguido pelos comportamentos das personagens desde o iniciar dos afazeres domésticos diários ao findar da tarde, quando as famílias reúnem os filhos e fazem comentários dos fatos vivenciados durante o dia.

Segundo Osman Lins, em *Lima Barreto e o espaço romanesco* (1976), uma das funções do espaço na literatura é situar geograficamente os fatos narrados. O enredo do conto em questão se passa em um vilarejo, com ares rurais, no qual se localiza a fonte do Taquari. O vilarejo não tem um nome específico e, neste lugar, estão presentes uma comunidade chamada Galinhas, o “corgo” da Farinha, a Fazenda Palmital e o Mato Alto, local das roças de milho de João Gominho.

O relevo local passou por alterações devidas à ocupação do homem e à construção de regos d’água, açudes, barragens que se rompem nos períodos chuvosos: “De repente chegaram contando que o rego d’água havera arrombado. Era um Rego que servia a cidade, botelho de rego que o coronel abriu na era de 1912. O coronel ficou famoso mode o rego” (ÉLIS, 2006, p. 118). As intervenções humanas feitas no meio ambiente, aparentemente grandes feitos, mostram-se frágeis mediante a força da natureza e causadoras de transtornos à comunidade.

> Depois, a turma ganhou o chapadão e lá foi abrindo aquele eito de buraco até esbarrar na serra. Aí que o chão tremeu. O coronel comprou lá embaixo dinamite e meteu a bomba nas pedras, jogou a serra de costas no vale, e lá se foi o desgrenhamento do rego de toadinha, e vai e vai, que chegou no mais alto da serra. O coronel olhou e riu. Agora, nada de rebentar o chão e tacar as pedras de costas, agora era furar por baixo, que nem buraco de paca (ÉLIS, 2006, p. 118).

Nesse trecho, a escrita literária vai desenhando e indicando os processos de ocupação do cerrado, via intervenções, como o uso de dinamite no ambiente rochoso, presente na narrativa em expressões como: “faz a terra tremer”, “joga a

serra de costas no vale” e vai construindo e abrindo caminho até as cidades e as diversas formas de ocupação que se tem hoje.

O enredo fala de um lugar onde há água em abundância, assim as carências das pessoas não se originam da seca, mas sim de questões políticas e sociais. O coronel é o sujeito que explora os mais humildes e necessitados. E, como bem disse Diogo Cirqueira (2011, p. 97), “tudo que se planta dá, a problemática social, eivada pela exploração e violência, definem as secas em vida dos personagens”.

No conto, o narrador é uma das personagens e, para contar a história, vale-se da forma coloquial – isso lhe confere identificação com as demais personagens – aproximando-se da variedade linguística falada na região. Nisto, além de conduzir o fio da narrativa, demonstra ser um profundo conhecedor das plantas, do clima, do relevo dos locais narrados. De modo muito particular e preciso, o leitor é fisgado em alguns trechos, seja por conhecer algumas das plantas citadas na lista, seja pela paisagem descrita, ou por ter seus sentidos aguçados:

> Era um desbarrancado grande, formando uma gruta que ia toda vida. Na Grota e nos autos adjacentes cresciam pés de pau: angico, jatobá, óleo pindaíbas, cedro, embaúbas, gameleiras. Mas por baixo vinham Murici, lobeira e assa-peixe. E mais, por derradeiro, vinham cansanção-de-leite, juá-brabo, são-caetano, e tufos de capim-tiririca e outros. A grota era sempre sombrosa. A gente vinha, que entrava, logo sentia que o tempo demudava para frioso e a gente sem querer pegava espirrar (ÉLIS, 2006, p. 120).

A imagem transcrita nos arredores e na própria fonte transporta o leitor para o contato, via escrita literária, com a natureza viva e pulsante, e que comprovadamente circula nos mercados e feiras populares em emplastos e garrafadas para curar muitos males.

De maneira sinestésica, o narrador descreve a fonte do Taquari como nascedouro de água fresquinha, um lugar sombroso. O leitor é conduzido à mudança da temperatura no ambiente que, quando em contato com a temperatura corporal, produz reações no corpo, respondendo a essas alterações com espirros. Encontra-se, no trecho acima citado, uma descrição do espaço paisagístico muito representativo do cerrado goiano e que a literatura possibilita conhecer para tantos quantos o lerem.

O conto “Os fuxicos da fonte do Taquari” se harmoniza com a arquitetura proposta por Edgar Allan Poe para esse gênero literário: “há um limite distinto, no que se refere à extensão para todas as obras de arte literária, o limite de uma só assentada, e que, embora em certas espécies de composição em prosa [...] é claro que a brevidade deve estar na razão direta da intensidade do efeito” (POE, 2009, p. 116). Assim, é a composição feita por Élis acompanhada do estilo das narrativas orais que frequentemente conduzem a desfechos surpreendentes.

O conto é composto por ação única, que exige a limitação espacial. Por meio desse gênero curto, Élis localiza os enredos e os dramas de suas personagens no cotidiano do sertão. Desse modo, o leitor conhece o homem do interior brasileiro através da relação que se estabelece entre a terra e as pessoas, considerando as relações espaciais e sociais.

O ficcionista dispõe, de forma breve e concisa, de uma narrativa com um projeto de texto muito bem definido (início, meio e fim), antecipa ao leitor os incidentes, acidentes, apresenta com muito lirismo a paisagem que permeia a fonte do Taquari, bem como as superstições e crendices que, muitas vezes, influenciam as populações interioranas.

Tais fatos ficam evidentes através da carga de sentimentos com a qual o narrador descreve as árvores, os arbustos junto à fonte, as brincadeiras das crianças na rua e a antecipação do saudosismo ao sinal de que, sendo abastecidas pela água nas bicas, próximas às casas, todos deixariam temporariamente de comparecer à fonte do Taquari para apanhar água e, momentaneamente, estariam privados das sensações e da liberdade provocadas pelos banhos na fonte, pelo contato com as pessoas e até mesmo as fofocas. Na sequência, passa-se à análise dessas relações sociais da narrativa.

2 As relações sociais na narrativa “Os fuxicos da fonte do Taquari”

Mikhail Bakhtin (2002), ao estudar a categoria espaço, acrescenta a esta uma perspectiva social, uma vez que o cronótopo está vinculado às ideias que permeiam a sociedade na qual o texto foi produzido. Segundo o teórico, motivos como encontro, despedida, perda, busca, descoberta, entre outros, são cronotópicos por natureza e, por isso, estão naturalmente atrelados ao espaço e se materializam na atuação das personagens. Bernardo Élis faz um trabalho meticuloso ao apreender os comportamentos que permeiam a sociedade interiorana e os transporta para suas personagens. Assim é constatado na narrativa em estudo.

Resumidamente, o enredo se desenvolve da seguinte maneira: após forte chuva, as bicas de água, que oferecem água potável para a comunidade, ficam impossibilitadas de serem utilizadas. Então, a intendência do vilarejo envia Tonico Tatu, mas o problema não é resolvido e todos partem com latas e baldes para apanhar água na fonte do Taquari.

A fonte é um local de encontros amorosos e Nhá Veva é quem marca essas aventuras. Conta-se que Benedita do Jacó se encontra com o Zeca da bicicleta quando o marido leva a boiada para Buriti Alegre. O conto termina com o restabelecimento de água nas bicas: “Mas era muito triste que a água houvesse

chegado. Agora, só com outro pesado pé-d’água para se poder voltar no Taquari” (ÉLIS, 2006, p. 118).

Ao se referir às personagens e à função que elas desempenham na ficção, Antonio Candido afirma que a “obra-de-arte literária (ficcional) é o lugar em que nos defrontamos com seres humanos de contornos definidos e definitivos, em ampla medida transparentes, vivendo situações exemplares de um modo exemplar (exemplar também no sentido negativo)” (CANDIDO, 1972, p. 35). A personagem dá forma e desenvolve o enredo, daí o ficcionista transportar algumas personagens significativas para a história que narra, algumas delas até mesmo inspiradas na realidade, mas apenas inspiradas, pois são recriadas para a ficção, não são reais.

A prosa de Bernardo Élis reúne personagens que representam os tipos humanos e suas mazelas. Nela estão presentes os desfavorecidos, vivendo em precárias condições de vida, desprovidos de todo tipo de direitos, sejam eles sociais, políticos, culturais e humanos. A respeito disso, Antônio Hohlfeldt (1990) escreve:

> Bernardo Élis se aprofunda na crítica social, nas condições de violência, na exploração latifundiária, que caracterizam o desenvolvimento social e econômico das províncias brasileiras ainda hoje, de fato facilmente verificável nas manchetes dos jornais. (HOHLFELDT, 1990, p. 25).

Ao considerar Bernardo Élis como um escritor que revela profundo conhecimento por meio da crítica social, Hohlfeldt (1990) reconhece a atualidade de sua escrita literária, pois,

> Num espaço tipo fim-de-mundo, esquecidas, marginalizadas, as criaturas de Bernardo Élis lutam e reivindicam por sua condição humana, ainda que restritas num círculo fechado de regras próprias, ética e moralmente diferenciadas do universo urbano e tecnológico onde o tempo é um escorrer sem sentido, contínuo, infinito, com a mais absoluta estratificação das relações humanas, quase sempre animalizadas. (HOHLFELDT, 1990, p. 25).

Elizabeth Fiori (2006) comenta a respeito da construção das personagens em Élis, destacando a relação de similaridade entre pessoas e ambientes, mediante a rusticidade. A autora faz a seguinte consideração sobre a relação terra e homem: “personagens rústicas, encerradas em um espaço também rústico, primitivo, rural, por vezes selvagem, mas que nada têm da inocência que o senso comum normalmente associa a elas” (FIORI, 2006, p.13). Por meio das relações sociais, revelam intrinsicamente os mesmos vícios dos sujeitos das sociedades ditas civilizadas. Por exemplo, em “Os fuxicos da fonte do Taquari”, a rusticidade

manifesta-se na curiosidade e nos juízos de valores morais sobre as personagens que frequentavam a fonte.

No Brasil, a literatura de tonalidade realista permanece por todo o século XX, na prosa de ficção, mais associada a fatores sociais (PELLEGRINI, 2018). Conforme discute Tânia Pellegrini (2018, p. 4) sobre essa expansão do realismo, “o sentido descritivo se modificou, e hoje Realismo pode ser entendido como uma forma particular de captar a relação entre os indivíduos e a sociedade”. Notadamente, na obra de Élis, o olhar sobre a realidade apresenta-se de forma diversa, deixando de ser apenas um registro e passando a designar as novas maneiras de perceber e representar a arte ao longo da história, para traduzir a ótica do escritor.

A fortuna crítica de Bernardo Élis, consensualmente, aponta a sua produção literária como uma voz de denúncia por ter sido testemunha de um tempo de opressão e de diferentes práticas violentas. Ao representar a realidade social, recria o mundo dos pobres, injustiçados e marginalizados. Desse modo, oferece a possibilidade de refletir sobre a ficcionalização da realidade na literatura brasileira produzida em Goiás.

Após o contato com a obra de José Américo de Almeida, Bernardo Élis justifica que sua motivação para a escrita se deu a partir da observação das más condições de vida dos trabalhadores rurais que se deslocavam até a cidade para comprar produtos industrializados, e também por perceber a falta de interação entre a cidade e o campo.

A prosa bernardiana traz a baila os rincões, suas personagens apresentam um linguajar muito específico e característico do sertão goiano. O escritor deixou uma vasta contribuição para a literatura brasileira que ultrapassa as fronteiras do regionalista. Sobre esse aspecto, Maria de Fátima Gonçalves Lima (2020) enfatiza:

> Bernardo não se detém ao simples regional, não se prende a formas específicas. Com arte, evidencia o realismo social-telúrico. De sua obra emerge o homem vivendo uma precária condição de vida, seguindo seus caminhos e descaminhos, colocados à margem, renegados pela sociedade e com sede de justiça. O escritor se propõe a desvendar os dois mundos deste· homem: o interior, o da alma e o social - o do direito do ser humano (LIMA, 2020, p. 02).

Observa-se, no conto “Os fuxicos na fonte do Taquari”, que o narrador faz um retrato da conjuntura social, política e urbana da localidade interiorana: reside nela o Coronel, poder político e, consequentemente, poder financeiro, que faz o controle e a exploração da força do trabalho; a população de modo geral, cada um com suas peculiaridades, o servidor público (da intendência), Tonico Tatu, as famílias que preservam a moral e os bons costumes, mas que mandam seus filhos menores irem à fonte para escutar as histórias que são contadas por lá.

Acerca do poder político do coronel, flagra-se na narrativa o seguinte comentário do narrador:

> O coronel ficou famoso mode o rego. Juntou o pessoal da rua e da roça: quem não podia dar dinheiro dava mantimentos; quem não tinha nem mantimentos, nem dinheiro dava era dia de serviço. Ror de gente suando, bebendo restilo, cavacando o açude do Malícia, fazendo a represa (ÉLIS, 2006, p. 118).

Depreende-se do excerto que a personagem do coronel é um mandatário no vilarejo e que dele partem as determinações administrativas para o cotidiano do local e as demandas de trabalho. Os moradores pagam as benesses com dinheiro ou com a força de trabalho, sob o efeito de doses de restilo – expressão regional utilizada para designar cachaça - executam repetidamente a tarefa de cavar e irem abrindo açudes, represas, sob o olhar fiscalizador do coronel, que é quem recebe as glórias de tais feitos.

Candido (1972, p. 35) apresenta uma descrição de personagem como um ser “de contornos definidos e definitivos”, revelando diferentes aspectos tais como religiosos, morais, político-sociais, relevantes ao ser humano e encontrados no texto literário. No conto de Élis, pode-se destacar a personagem Tonico Tatu que é funcionário da intendência do vilarejo, conforme o trecho: “Mas agora, bastava chover forte, o açude rombava ou uma parte qualquer do rego arrebentava e a água desaparecia. A intendência então mandava Tonico Tatu com a enxadinha tampar o rombo” (ÉLIS, 2006, p. 119). Todavia, Tonico Tatu é um sujeito que postergava a execução das suas atribuições:

> Tonico Tatu primeiro tomava o seu golinho de restilo, pegava uma ferramenta emprestada, pedia a carroça de seu Benevides, fazia um cigarro bem grosso que punha dentro de um bauzinho de flandres, fazia outro que acendia, aí amolava a enxada, despedia-se do vendeiro, contava um porém, e lá se ia pelo rego fora, olha aí, olha acolá, tampa esse ladrão desentope o rego adiante (ÉLIS, 2006, p. 119).

A respeito dos contos de *Veranico de janeiro*, Dirce Cortes Riedel (1997) aponta que Bernardo Élis apresenta um documentário, no qual se compilam costumes, tradições, alimentos, profissões, devoções, superstições, personagens dominadoras que exercem o mandonismo, bem como personagens animalizadas por sua subserviência.

Por esse motivo, há o predomínio de imagens de animais, inclusive nos nomes das personagens como ocorre com Tonico Tatu. O segundo nome, Tatu, designa um mamífero encontrado no cerrado, muito habilidoso e ágil em escavar. Ironicamente, Tonico Tatu não desenvolve suas atividades com a mesma destreza do animalzinho que lhe nomeia. A forma como está apresentada a sequência de

ações – com verbos empregados no pretérito imperfeito - de Tonico Tatu demonstra o quão moroso ele era.

A falta de afinco e diligência desta personagem causava alvoroço na vila, devido à falta d’água nas bicas para o consumo:

> – Então, gente, só indo no Taquari buscar água, que as vasilhas estão tudo secas e carece de fazer o almoço – ponderou a mãe muito aflita.
>
> – Bamo, gente, bamo pro Taquari.
>
> – Pega uma lata, que o Dito leva o balde – comandava a moça meio velha que servia de cozinheira.
>
> – Você pode levar essa latrinha daí mesmo, esse menino (ÉLIS, 2006, p. 120).

A localidade pacata e cheia de superstições – “urubu rezando em riba da casa”, “patos subindo rio acima” (ÉLIS, 2006, p. 118) – ganha o movimento das pessoas que estão indo e vindo da fonte do Taquari, voltando com os recipientes cheios de água. Os meninos, aproveitando o alvoroço para irem à grota correr e brincar, davam pouca importância aos fuxicos, falavam ter encontrado “mulher morta”, “bichos, cavalo, boi” (ÉLIS, 2006, p. 121) que tinham caído na parte mais profunda da fonte, onde se formava um buraco, onde havia uma “sucuri moradeira” (ÉLIS, 2006, p. 121). Só tentavam ouvir e ver com quem Nhá Veva conversava, para quem marcava encontros, pois já saíam de casa orientados:

> A meninada até esquecia a grota e seus mistérios para tentar ouvir os cochichos e fuxicos. Na verdade, a gente meio que sabia sobre o que se cochichava. O Taquari era lugar de encontros amorosos. Nhá Veva era quem marcava e ajeitava os encontros. Moça nova e bonitinha que pegava a buscar água no Taquari ou lavar roupa por perto, era moça falada e com pouco aparecia bojuda (ELIS, 2006, p. 121).

Sobre a personagem de ficção, Candido (1972) afirma que esta é o elemento mais atuante e significativo de uma narrativa, mas, porém, só adquire significado no contexto. Nesse sentido, as obras apresentam marcas de autoria do contexto histórico e social ao qual elas se referem. No conto de Élis, um aspecto acentuadamente marcado nas sociedades patriarcais e exposto pelo narrador é a identidade social da mulher.

A personagem Benedita, atravessada pelo patriarcalismo, é apresentada como Benedita do Jacó, o que denota propriedade do Jacó, apenas pelo fato de ser casada com ele, embora esta esteja sob as suspeitas de encontrar-se com o Zeca da bicicleta. Assim como Benedita, todas as mulheres que frequentavam a fonte do Taquari eram “mal faladas” e desrespeitadas. Isso só se passava com as mulheres; o Zeca da bicicleta circula livremente sem alcunha de mal falado.

Candido (1972, p. 95) ressalta que, “na medida em que se acentua o valor estético da obra ficcional, o mundo imaginário se enriquece e se aprofunda, prendendo o raio de intenção dentro da obra”. O proposto pelo ficcionista costura-se nas relações das personagens no decurso da narrativa, os falatórios apreendidos são transpostos para a ficção e, por meio da façanha da língua, adquire novos contornos e, dessa forma, as senhoras, representantes de famílias tradicionais, fazem interrogatórios aos filhos:

> Aí a gente chegava em casa danado de cansado, de tanto carregar lata d’água, reclamando que outro, o outro irmão ficou brincando pelo caminho. Depois, a mãe chamava os filhos de parte para saber com quem a cozinheira havia conversado no Taquari. Queria saber o que Nhá Veva tinha falado, mas os meninos tinham ouvido muito mal (ÉLIS, 2006, p. 122).

No trecho acima, são flagradas as personagens, mesmo as mais despretensiosas, as mães de família, que no cumprimento da rotina diária de acompanhar os filhos, também demonstram interesse pela vida alheia, ao solicitarem dos filhos que relatassem os comportamentos daqueles com quem se encontrassem na fonte do Taquari. Nesse estereótipo, eis que se reconhece a presença do humor no estilo do contista Bernardo Élis tanto ao observar as relações entre o indivíduo e o espaço em que vive, quanto ao considerar as interações que são estabelecidas no meio social.

Considerações finais

O conto “Os fuxicos da fonte do Taquari” é ambientado no universo rural e interiorano. O espaço projetado na ficção dialoga com a memória de Bernardo Élis e toda a sua experiência obtida a partir do contato com os lugares e o povo goianos. Primeiramente, há o espaço de fundo natural que traz características do sertão, específicas do cerrado do Brasil-Central e dá a essas os ares de fotografia, a ponto de seus leitores visualizarem relevo, hidrografia, fauna e flora a partir da narrativa, como elementos que afetam a vida humana na região. E, em segundo lugar, há o espaço cultural que reflete nas formas de interação estabelecidas na sociedade.

Como proposta para seu enredo, Bernardo Élis lança mão do fuxico, tema tão comum, tão trivial em qualquer existência humana. Isto posto, o enredo tem sentido se for considerado o espaço onde as cenas se desenvolvem. Notadamente, os fenômenos naturais, seguidos do percurso da força da água dão o tom do enredo em “Os fuxicos da fonte do Taquari”. A história é construída a partir da força das águas, que arromba as bicas e que leva os moradores à fonte do Taquari e por lá tecem intrigas. Por fim, ao mesmo tempo em que há a visão

crítica sobre a realidade, há também o anedótico trazendo o efeito do humor no modo de se relacionar com o mundo.

Referências

AMADO, Janaína. Região, sertão, nação. *Revista de Estudos Históricos*, Rio de Janeiro, v. 8, n.15, p. 145-151, 1995. Disponível em http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/reh/article/viewFile/1990/1129. Acesso em: 6 set. 2022.

BACHELARD, Gaston. *Poética do Espaço*. 2. ed. Tradução Antonio de Pádua Danesi. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

BAKHTIN, Mikhail M. *Questões de literatura e de estética*: a teoria do romance. 5. ed. Tradução Aurora Fornoni Bernadini *et.al*. São Paulo: Hucitec, 2002.

BORGES FILHO, Ozíris. Espaço e Literatura: Introdução à topoanálise. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DA ABRALIC – TESSITURAS, INTERAÇÕES, CONVERGÊNCIAS, 11, 2008, São Paulo. *Anais* [...]. São Paulo: Abralic, 2008. Disponível em: https://abralic.org.br/eventos/cong2008/AnaisOnline/simposios/pdf/067/OZIRIS_FILHO.pdf. Acesso em: 20 nov. 2022.

BOSI, Alfredo. *História concisa da literatura brasileira*. 41. ed. São Paulo: Cultrix, 2003.

CANDIDO, Antonio. A personagem do romance. *In*: CANDIDO, Antonio *et al*. *A personagem de ficção.* São Paulo: Perspectiva, 1972.

CANDIDO, Antonio. *Formação da literatura brasileira:* momentos decisivos. 9. ed. Belo Horizonte: Itatiaia, 2000. v. 1 e v. 2.

CIRQUEIRA, Diogo Marçal. As paisagens de Bernardo Élis na obra Veranico de Janeiro. *Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 5, n. 3, p. 81-109, dez. 2011. Disponível em https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/16628/10082. Acesso em: 20 nov. 2022.

COUTINHO, Afrânio. *Introdução à literatura no Brasil.* 4. ed. Rio de Janeiro: Livraria São José, 1964.

ÉLIS, Bernardo. *Veranico de Janeiro*. Goiânia: ICBC, 2006.

FIORI, Elizabeth. Vida e morte nos Caminhos dos Gerais. *Revista Letras*, Curitiba, n.69, p. 11-20, 2006. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/letras%20/article/view/7877/%207157. Acesso em: 1º dez. 2022.

HOHLFELDT, Antonio. *Conto brasileiro contemporâneo.* Porto Alegre: Mercado Aberto, 1990.

LIMA, Herman. Evolução do conto. *In*: COUTINHO, Afrânio (dir.). *A literatura no Brasil*: relações e perspectivas. v. 6., 7. ed. São Paulo: Global, 2004. p. 45-63.

LIMA, Maria de Fátima Gonçalves. Transfiguração, injustiça e silêncio em Bernardo Élis. *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais (Seção Especial Bernardo Élis)*, v. 9, n. 4, p. 1-33, 2020. Disponível em: https://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/11222/7984. Acesso em: 20 nov. 2022.

LINS, Osman. *Lima Barreto e o espaço romanesco*. São Paulo: Ática, 1976.

PELLEGRINI, Tânia. *Realismo e realidade na literatura*: um modo de ver o Brasil. São Paulo: Alameda, 2018.

POE, Edgar Allan. *A filosofia da composição*. 3. ed. Tradução de Oscar Mendes e Milton Amado. São Paulo: Globo, 2009.

RIEDEL, Dirce Cortes. Saga de Espantos. *Remate de Males*, Dossiê Bernardo Élis, v. 17, p. 127-134, 1997. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/remate/article/view/8635919/3628. Acesso em: 20 nov. 2022.

SANTOS, Luis Alberto Brandão; OLIVEIRA, Silvana Pessoa de. Espaço e literatura. *In*: *Sujeito, tempo e espaço ficcionais:* Introdução à teoria da literatura. São Paulo: Martins Fontes, 2001. p. 67-93.

VICENTINI, Albertina. Bernardo Élis Revisitado. *In*: *Multitemas*, Campo Grande, n.8, p. 240-253, fev. 1998. Disponível em: https://interacoes.ucdb.br/multitemas/article/view/1270/1183. Acesso em: 10 nov. 2022.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

Ethanolic extract of *Geastrum saccatum* (Basidiomycota: Geastraceae) has inhibitory power in the development of strains of *Candida* spp.?

EXTRATO ETANÓLICO DE GEASTRUM SACCATUM (BASIDIOMYCOTA: GEASTRACEAE) POSSUI PODER INIBITÓRIO NO DESENVOLVIMENTO DE CEPAS DE CANDIDA SPP.?

EL EXTRACTO ETANÓLICO DE GEASTRUM SACCATUM (BASIDIOMYCOTA: GEASTRACEAE) TIENE UN PODER INHIBIDOR EN EL DESARROLLO DE CEPAS DE CANDIDA SPP.?

Odaiza Ferreira Sousa
Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA
odaiza19_@hotmail.com

Francisco J. Simões Calaça
Universidade Estadual de Goiás (UEG)
calacafjs@gmail.com

Renata Silva do Prado
Universidade Federal de Goiás (UFG)
renata.ufg.prado@gmail.com

Abstract

Due to the appearance of isolated resistant cases of *Candida* spp. to known antifungal drugs, there is a demand and concern in finding and testing new substances for the treatment of candidiasis. This study aimed to evaluate the inhibitory potential of the fungus *Geastrum saccatum* (Basidiomycota: Geastraceae) over some *Candida* (Ascomycota: Debaryomycetaceae) species. Herein, we tested ethanolic extracts of basidiomes of the species *G, saccatum*, collected in an area of Environmental Preservation belonging to the UniEVANGÉLICA University Center of Anápolis, located in the city of Anápolis, against *Candida albicans*, *Candida parapsilosis* and *Candida tropicalis*. The analysis on inhibitory activity was performed by means of macrodilution test and plaque sensibility test in cells of *C. parapsilosis*, *C. albicans* and *C. tropicalis*, subjected to concentrations of 2%, 1% and 0,5% of ethanolic extract of *G. saccatum*. According to obtained results, in different concentrations of ethanolic extract of *G. saccatum* added to plates containing *C. albicans*, *C. parapsilosis* and *C. tropicalis*, it was not possible to observe any inhibition of the growth of the fungus. In macrodilution tests there was also no inhibition of the growth of *C. albicans*, *C. parapsilosis* and *C. tropicalis* by the fungus *G. saccatum* in any of the tested concentrations, making it impossible to determine the minimum inhibitory concentration. Both tests were confirmatory for the negativity of antifungal potential of *G. saccatum* on *Candida* species.

Keywords: Antifungals. *Candida albicans*. *Candida parapsilosis*. *Candida tropicalis*. Gasteroid fungus.

Resumo

Devido ao aparecimento de isolados resistentes de *Candida* spp. a fármacos antifúngicos conhecidos, há uma demanda e preocupação em se encontrar e testar novas substâncias para o tratamento de candidíase. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial inibitório do fungo *Geastrum saccatum* (Basidiomycota: Geastraceae), sobre espécies de *Candida* (Ascomycota: Debaryomycetaceae). Neste estudo, foi realizado teste de extratos etanólicos de basidiomas da espécie *Geastrum saccatum* coletados em uma área de Preservação Ambiental pertencente ao Centro Universitário Anápolis UniEVANGÉLICA, localizada na cidade de Anápolis, contra *Candida albicans*, *Candida parapsilosis* e *Candida tropicalis*. A avaliação de atividade inibitória foi realizada por meio de teste de macrodiluição e teste de sensibilidade em placas em células de *C. parapsilosis*, *C. albicans* e *C. tropicalis* submetidas a concentrações de 2%, 1% e 0,5% do extrato etanólico de *G. saccatum*. De acordo com os resultados obtidos, em diferentes concentrações de extrato de *G. saccatum* acrescidas em placa contendo *C. albicans*, *C. parapsilosis* e *C. tropicalis*, não foi possível observar inibição do crescimento do fungo. Em testes de macrodiluição também não transcorreu inibição do crescimento de *C. albicans*, *C. parapsilosis* e *C. tropicalis* pelo fungo *G. saccatum* em nenhuma das concentrações testadas, impossibilitando determinar a concentração inibitória mínima. Ambos os testes foram comprobatórios para a negatividade do potencial antifúngico de *G. saccatum* sobre as espécies de *Candida*.

Palavras-chave: Antifúngicos. *Candida albicans*. *Candida parapsilosis*. *Candida tropicalis*. Fungo gasteroide.

Resumen

Debido a la aparición de *Candida* spp. resistente medicamentos antifúngicos conocidos, existe una demanda y preocupación por encontrar y probar nuevas sustancias para el tratamiento de la candidiasis. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el potencial inhibitorio del hongo *Geastrum saccatum* (Basidiomycota: Geastraceae) sobre especies de *Candida* (Ascomycota: Debaryomycetaceae). En este estudio, se realizó un ensayo con extractos etanólicos de basidiomas de la especie *Geastrum saccatum* colectados en un área de Preservación Ambiental perteneciente al Centro Universitário Anápolis UniEVANGÉLICA, ubicado en la ciudad de Anápolis, contra *Candida albicans*, *Candida parapsilosis* y *Candida tropicalis*. La evaluación de la actividad inhibitoria se realizó mediante prueba de macrodilución y prueba de sensibilidad en placas en células de *C. parapsilosis*, *C. albicans* y *C. tropicalis* sometidas a concentraciones de 2%, 1% y 0,5% del extracto etanólico de *G. saccatum*. De acuerdo con los resultados obtenidos, a diferentes concentraciones de extracto de *G. saccatum* adicionado a placas que contenían *C. albicans*, *C. parapsilosis* y *C. tropicalis*, no fue posible observar inhibición del crecimiento del hongo. En los ensayos de macrodilución tampoco se produjo inhibición del crecimiento de *C. albicans*, *C. parapsilosis* y *C. tropicalis* por parte del hongo *G. saccatum* en ninguna de las concentraciones ensayadas, imposibilitando determinar la concentración mínima inhibitoria. Ambas pruebas confirmaron la negatividad del potencial antifúngico de *G. saccatum* sobre especies de *Candida*.

Palabras clave: Antimicóticos. *Candida albicans*. *Candida parapsilosis*. *Candida tropicalis*. Hongo gasteroide.

Introduction

The species diversity in the Fungi Kingdom is estimated at 2.2 to 3.8 million species (HAWKSWORTH; LÜCKING, 2017), which inhabit diverse ecological niches and, just as plants and animals, have various ecosystem roles of extreme importance

for the balance of biological systems. Thus, they have great importance in the ecological and also in economic perspectives (MORAES; PAES; HOLANDA, 2009). Due to the cellular, genomic, and metabolic complexity of fungal life stories, the evolution favored a great morphological and functional diversity among fungi, encompassing convergent and divergent evolutive processes (NAGY; KOVÁCS; KRIZSÁN, 2018, NARANJO-ORTIZ; GABALDÓN, 2020). Some species are used for pharmacological purposes, such as anti-atherosclerotics, anti-bacterials, anti-diabetics, anti-parasitics, anti-tumors, antivirals, anti-inflammatories, anti-hypertensives, hepatoprotectives and immune system modulators (ABREU; ROVIDA; PAMPHILE, 2015). Some species areconsidered pathogenic and are capable of causes diseases in the human beings. Other species are opportunistic pathogens and can cause disease only when there is a change in the host's immune system, such as the genus *Candida* Berkhout (Ascomycota: Debaryomycetaceae), which has increased its incidence significantly over the years and has a poor prognosis with high mortality rates in bedridden and immunocompromised patients (BROWN, 2011).

The genus *Candida* Berkhout

The genus *Candida* (Ascomycota: Debaryomycetaceae) was proposed by Berkhout (1923), and currently is represented by about 200 species that can be found in the normal microbiota of the human body, plus other environments, manifesting in several human body niches, such as: mouth cavity, folds in the skin, vagina, penis, oropharynx, bronchial secretions, feces and urine (ÁLVARES; SVIDZINSKI; CONSOLARO, 2007). Species of *Candida* have a dimorphic life cycle, with their yeast phase spent inhabiting commensally the body niches aforementioned (HARIDY *et al.*, 2018).

Candida is composed by yeasts, belonging to eukaryotic microorganisms and are free of photosynthesizing pigmentation, as their cells are composed of phospholipid plasmatic membrane and chitin. Its nutrition is based on the absorption of carbon sources from the environment, due to its cell's walls being rigid, unable to perform phagocytosis (AGUIAR, 2007).

There are approximately 15 species of *Candida* that are pathogenic to humans, but more than 90% of cases of candidiasis, the infection caused by *Candida* proliferation, reported are associated with the five most common species: *C. albicans* (C.P. Robin) Berkhout, *C. glabrata* (H.W. Anderson) S.A. Mey. & Yarrow, *C. krusei* (Castell.) Berkhout, *C. parapsilosis* (Ashford) Langeron & Talice and *C. tropicalis* (Castell.) Berkhout. The majority lies in cases of *C. albicans*, with approximately 46.3% of cases of fungal diseases (DADAR *et al.*, 2018).

Due to the increase in immunosuppressed people, several factors that lead to a weakening of the immune system correlate with high numbers of human *Candida* infections (BORST, 2002). The infection can be detected in completely healthy people

in whom it is less severe in comparison to debilitated patients. Regarding healthy people, it is related to cases of infection in the mucosas and skin. However, in debilitated patients, the infection can be characterized by systematics, in which there are chances of a spread of the infection that generates complications in the body (COLOMBO; GUIMARÃES, 2003).

There is an increasing fungal resistance of the genus *Candida* to antifungal drugs used for the treatment of the disease. Species resistant to the amphotericin B have been reported, such as *C. lusitaniae* Uden & Carmo Souza, *C. guilliermondii* (Castell.) Langeron & Guerra, *C. inconspicua* (Lodder & Kreger) S.A. Mey. & Yarrow, *C. kefyr* (Beij.) Uden & H.R. Buckley ex S.A. Mey. & Ahearn, and *C. rugosa* (H.W. Anderson) Diddens & Lodder. Other antifungals as the azole, to which *C. glabrata*, *Candida dubliniensis* D.J. Sullivan, Western., K.A. Haynes, Dés.E. Benn. & D.C. Coleman, and *C. krusei* exhibit resistance, and species such as *C. guilliermondii*, and *C. parapsilosis*, in which equinocandins act, are also showing resistance (PAULA; RUIZ, 2017). *C. parapsilosis* and *C. tropicalis* present resistance mechanisms to azole and echinocandins, the latter being due to mutations in the FKS genes, resulting in a decrease in sensitivity to the antifungal (VIEIRA; NACIMENTO, 2017).

Candida albicans **Berkhout**

This species is considered as good strategist by its mechanism of relating to immune system cells. Thus, *C. albicans* induces macrophage pyroptosis, avoiding the attack of immune cells, and this occurs due to its morphogenetic exchange coupled to cell wall reform after phagocytosis by macrophages. There are at least 98 genes that do not participate in macrophage filamentation, but are necessary for the cell death of macrophages in the immune system affected by *C. albicans* (O'MEARA *et al.*, 2018).

The fundamental reproduction strategyof the species is clonal, but there are indications that sexual reproduction also occurs, found in the natural environment, but not found in laboratorial circumstances. Under natural growth conditions, the strains can reproduce both sexually and in low parasexual nature (TAVANTI *et al*., 2004). The species has a system of modifying its yeast phase to hyphae phase without going through the pseudo-hyphae phase (GOW, 1997). In pathogenicity, the growth of hyphae is what allows penetration into the tissues of the host (SZABO; MACCALLUM, 2011).

This species is highly tolerable to pH variation and develops in environments with pH differences between 2 to 10 due to its ability to change extracellular pH, changing its morphology. With alkaline and/or acidic changes happening to a neutral environment, modifications occur to the fungus in its process from the yeast phase to the hyphae phase, and consequently the growth of the hyphae. This mechanism can

be considered as an evolutionary adaptation that allows a greater virulence for the species, as well as permanence and maintenance in the host (VYLKOVA *et al.*, 2011).

Candida tropicalis Berkhout

This species is formed by pseudomycelium cells or ellipsoidal shoots, organized by long and branched elements with isolated conidia, in agglomerated or short chains (CHAI; DENNING; WARN, 2010). It is characterized only by pseudo-hyphae form, but in rare conditions, it is capable of form true hyphae (SUZUKI; MIYAMAE; ISHIDA, 1991; BUTLER *et al.*, 2009). *Candida tropicalis* is designated as a polymorphic species, with various morphological forms, comprising yeast, pseudo-hyphae, and true hyphae (LOPES; VAINSTEIN; SCHRANK, 2018).

The species deals better with tropical climates, having a higher prevalence in countries with favorable characteristics for the species proliferation (CHAI; DENNING; WARN, 2010). In addition to humans, *C. tropicalis* is found in the environment (e.g., water and sand beaches) and in other animals (ZUZA-ALVES *et al*., 2019).

Reproduction of the species has been reported as asexual, but under favorable conditions, reproduction can occur sexually. Even at 37°C, *C. tropicalis* showed efficiency in the exchange of genetic material, in which there is a probability that the strains undergo sexual exchanges during infection and colonization of the host. Due to this discovery, comes the possibility of correlating sexual reproduction to an indication that the species becomes more virulent (PORMAN *et al*., 2011).

Candida parapsilosis Langeron & Talice

This species is mainly detected in human skin, and can be found in patients with infections, skin lesions and vaginitis (GÁCSER *et al.,* 2007). Aside from humans, the species can be found in the environment and other animals (WEEMS, 1992). The morphology in its saprophytic phase is characterized by oval yeast cells (sometimes round or cylindrical), and in the parasitic phase is characterized by yeast or pseudo-hyphae, not having true hyphae (KIM; BISSATI; MAMOUN, 2006; MARRETTO, 2014). This species has an exclusively sexual reproduction (BARBEDO; SGARBI, 2010).

Candidiasis caused by *C. parapsilosis* can be associated by factors of hyperbolic use of venous catheters in newborns, parenteral nutrition and patients who have undergone transplantation processes, which can be explained by the compatibility that *C. parapsilosis* has to parenteral nutrition and intravenous devices, also due to the ability to proliferate in high richness of glucose and lipids present in the bloodstream (ALMIRANTE, 2006; HAJJEH; WARNOCK, 2003).

The genus *Geastrum* Pers.

The genus *Geastrum* was proposed by Persoon (1801) and is currently a member of the family Geastraceae in the Fungi Kingdom. This is one of the most diverse gasteroid genus in Geastraceae and, with the exception of Antarctica, it has distribution in all continents. According to the fungal collection of the Royal Botanic Gardens Kew, approximately 60 species have been catalogued, in which the species *Geastrum saccatum* Fr. found in Uruguay is the oldest species in the collection, dated 1832. However, recent data present an estimate of described species about 100 to 120 worldwide species that are found naturally in the environment (ZAMORA *et al*., 2014). In Brazil, there are 73 species of the genus, and the species *G. saccatum*, one of the most common of the genus, is distributed at least in six Brazilian states (TRIERVEILER-PEREIRA; BASEIA, 2009; FREITAS-NETO *et al*., 2023).

The morphology of this genus is characterized by petaloid dehiscence, having basidiomes, in which before its maturation the specimen is in globular shapes and during maturation the outer layers separate from the inner axis and distance from its basidiomes, forming its typical sporomes, which finally resemble a star (because of this, the fungi of this genus are known as earthstars). The fungus has a stellate basidiome; the peridium (membrane lining the gleba), that can present up to three layers: exoperidium (outermost layer), mesoperidium (middle layer) and endoperidium (innermost layer); powdery gleba (contains basidiums and basidiospores); subiculum (structure that penetrates underground) with the appearance of crust, wool or net, which grows before the basidiome and the formation of ostiolus at the apex of the sporome (LIMA, 2018). Inside the mature endoperidium there is a well-developed capillary filling composed of a powdery mass of simple and unbranched spores, with filaments trapped in its inner wall, a structure that assists in the dispersion of spores and the disposal of residual materials (CUNNINGHAM, 1944).

Geastrum saccatum Fr.

This species is considered cosmopolitan, since it grows on the ground and is found mainly where it has plant deacaying debris, such as litterfall, in abundance (CORTEZ; BASEIA; SILVEIRA, 2008; PEREIRA, 2010). The species was originally described by Elias Magnus Fries, in 1829, based on material from Brazil (FRIES, 1829; PEREIRA, 2010). *Geastrum lageniforme* Vittad. is the species most related to *G. saccatum*, due to both species having sessile endoperidium, saccharine basidiomata, delimited and fibrillous peristomium, however, *G. saccatum* does not have fibulated hyphae fixed in the outer mycelial layer, a characteristic present in *G. lageniforme* (SUNHEDE, 1989; TRIERVEILER-PEREIRA; CALONGE; BASEIA, 2011). *Geastrum saccatum* produces non-mature basidiomes in which the apical fragment presents pointed characteristics and, after the dehiscence, the exoperidium differentiates into

saculiform, manifesting triangular radium, persistent and smooth mycelial layer, with a bounded and fibrillous peristome (BASEIA; SILVA; CRUZ, 2014).

In morphological analysis, and the following description follows the color code proposed by Kornerup & Wanscher (1978), the species presents expanded and withdrawn basidiome, measuring between 3,9-5,0 cm in diameter × 0,8-2,1 cm in height. Exoperidium opening in 6-8 radiums. Mycelial layer grayish yellow (1B3) in color, formed by unbranched and septate hyphae, with grey (7B1) coloration under optical microscope, measuring between 2-10 µm in diameter. Fibrous layer with orange grey (6B2) coloration, formed by unbranched hyphae with an yellowish white (4A2) coloration under optical microscope, measuring between 2-3 µm in diameter. Pseudoparenchymatous layer with orange grey (6B2) pigmentation, formed by modified globular hyphae, with yellowish white (4A2) coloration under optical microscope, measuring between 17-44 × 10-29 µm. Endoperidium is greenish grey (30B2), with depressed-globose morphology with 0,7-1,6 cm in diameter, and 0,5-1,5 cm in height, peristomium with 0,5 cm in height with grey (4F1) pigmentation in comparison to the endoperidium. The capillary hyphae are erect, with amorphous mass adhered, pale (3A3) to dull yellow (3B3) in color, measuring between 2-6 m in diameter. Basidiospores globose, ornamented with anastomized columns, measuring between 4-5,5 µm in diameter, with a light brown (5D4) coloration under optical microscope. Presence of crystals in the gleba (TRIERVEILER-PEREIRA; CALONGE; BASEIA, 2011).

The species exhibits healing properties for diseases such as asthma and eye infections. Its basidiomes have carbohydrates, lipids and proteins, in which there is a large amount of polysaccharide composed of glucan, which has anti-inflammatory and antioxidant properties (DORE *et al*., 2007). Calcium oxalate crystals were observed in the peridium, in which corroded crystals occur on the outer surface of the endoperidium in mature basidiomes. The calcium oxalate crystals develop before the basidiomata maturation and still remain coupled to the hyphae. These crystals may be associated with the separation system of the exoperidium and endoperidium, during the maturation of the basidiomata (WHITNEY; ARNOTT, 1986).

Based on already reported properties of secondary metabolism compounds of *G. saccatum* in fighting infections and diseases, herein we aimed to evaluate the possible inhibitory potential of the ethanolic extract of this gasteroid fungus on the growth of different *Candida* species strains (*C. albicans*, *C. tropicalis*, and *C. parapsilosis*), potentially pathological for the human being, as a way to investigate and screening new compounds with the potential to be used for the production of antifungal to fight resistant *Candida* strains.

1 Materials and Methods

1.1 *Geastrum saccatum* samples collection

During the months of October, November and December, 2018, mature and non-mature basidiomes of the species *Geastrum saccatum* Fr. were collected in the Environmental Preservation Area – Tucano Ecological Trail (16°17'39" S, 48°56'20" W), located at the Evangelical University of Goiás - UniEVANGÉLICA, in the municipality of Anápolis, Goiás, Brazil. Basidiomes were collected in a area (16°29'35" S, 48°93'79" W) where a great abundance was observed compared to other species in other regions of the Tucano Ecological Trail. For the sampling, collection materials (metric scale, kraft bags, GPS, camera and knife) were used following the fungal material collection literature (GIMENES; MATHEUS, 2010).

Non-mature and mature basidiomes were sampled (Figure 1) and placed in kraft bags for the drying of the material, which remained in an airy environment and under shade for 10 days. The mature basidiomes had on average between 1 and 3 cm of length, being found species with less than 1 cm. Non-mature basidiomes were between 1 and 2,5 cm long.



Figure 1 - Stages of the *G. saccatum* maturation process. (A and B) Non-mature basidiomes. (C) Expanded basidiome.
Font: AUTHORS (2018).

1.2 Obtaining *Geastrum saccatum* extracts

The extracts used in this experiment were obtained through the basidiomes of *G. saccatum*, that were cleaned through the assistance of sieves (MOURA, 2017). Subsequently, the samples were intended for drying the material at room temperature. Then, the material was sprayed with the aid of mortar and pestleand stored in a dark bottle containing ethanol (ratio 1:4) and refrigerated. Finally, the samples were filtered and dried with the aid of rotaevaporator (MORAES *et al*., 2010). The filtration occurred by adding 100 mL of 99% alcohol to the pulverized and filtered sample the next day.

With the obtaining of liquid from the sample, the process continued for three consecutive days at the same time. The extract obtained was packaged in an amber bottle under the cover of light, at 4 ºC (COSTA *et al*., 2013).

1.3 Cultivation and maintenance of *Candida* spp. strains

To carry out the cultivation, strains of *C. parapsilosis* ATCC 22019, *C. albicans* ATCC 18804, and *C. tropicalis* ATCC 90874 were cultivated in Sabouraud Agar Medium Dextrose (peptone 10g/L; dextrose 40g/L; agar 15g/L), kept in incubatorat 36 ºC for seven days, and subjected to experimentation or new repique (MENEZES *et al*., 2012).

1.4 Dilution test in broth

For the inhibition test, the macrodilution method was used according to SNCCLS M27-A2 (NCCLS, 2002), with modifications. Cells of *C. parapsilosis*, *C. albicans,* and *C. tropicalis* were kept in nutrient agar medium supplemented with glucose for seven days at 36 °C, and subsequently inoculated in liquid nutrient medium plus the different concentrations of *G. saccatum* extract (0,5%, 1% and 2%). Serial dilutions of the stock solutions of the extract were arranged in nutrient medium as diluent to achieve final concentrations different from the compounds under study. Spectrophotometric analysis was performed at 520 nm after seven days of growth, when it was possible to determine the minimum inhibitory concentration (MIC) (PRADO *et al*., 2014).

1.5 Sensitivity test on plates

For the sensitivity test in solid medium, samples containing a number of 104 cells of *C. parapsilosis*, *C. albicans* and *C. tropicalis*, with seven days of growth, were added in 27 mL of nutrient agar supplemented with 3 mL glucose, added in different concentrations (0,5%, 1% and 2%) of extract of *G. saccatum*. The plates were incubated for seven days at 36°C, with observations on the third day (BETONI *et al*., 2006).

2 Results and Discussion

2.1 Sensitivity test on plates

To evaluate the influence of *G. saccatum* extract on the growth of *C. albicans*, *C. tropicalis,* and *C. parapsilosis*, a plate sensitivity test was performed. The experiment was conducted in three plates and on the third day the growth rate of *C.*

albicans, *C. tropicalis* and *C. parapsilosis* was observed qualitatively and the photographic record was held. In different concentrations of *G. saccatum* extract added to plates containing *C. albicans*, *C. parapsilosis,* and *C. tropicalis*, it was not possible to observe any inhibition of the growth of the fungi. Fungal growth occurred in all concentrations tested in contrast to the plate containing only the culture medium and fungus (control). It was also observed that the ethanolic extract of *G. saccatum* stimulated colony growth. Thus, it is possible to state that the extract of *G. saccatum* does not inhibit the growth of the fungus at the tested concentrations (Figure 2).

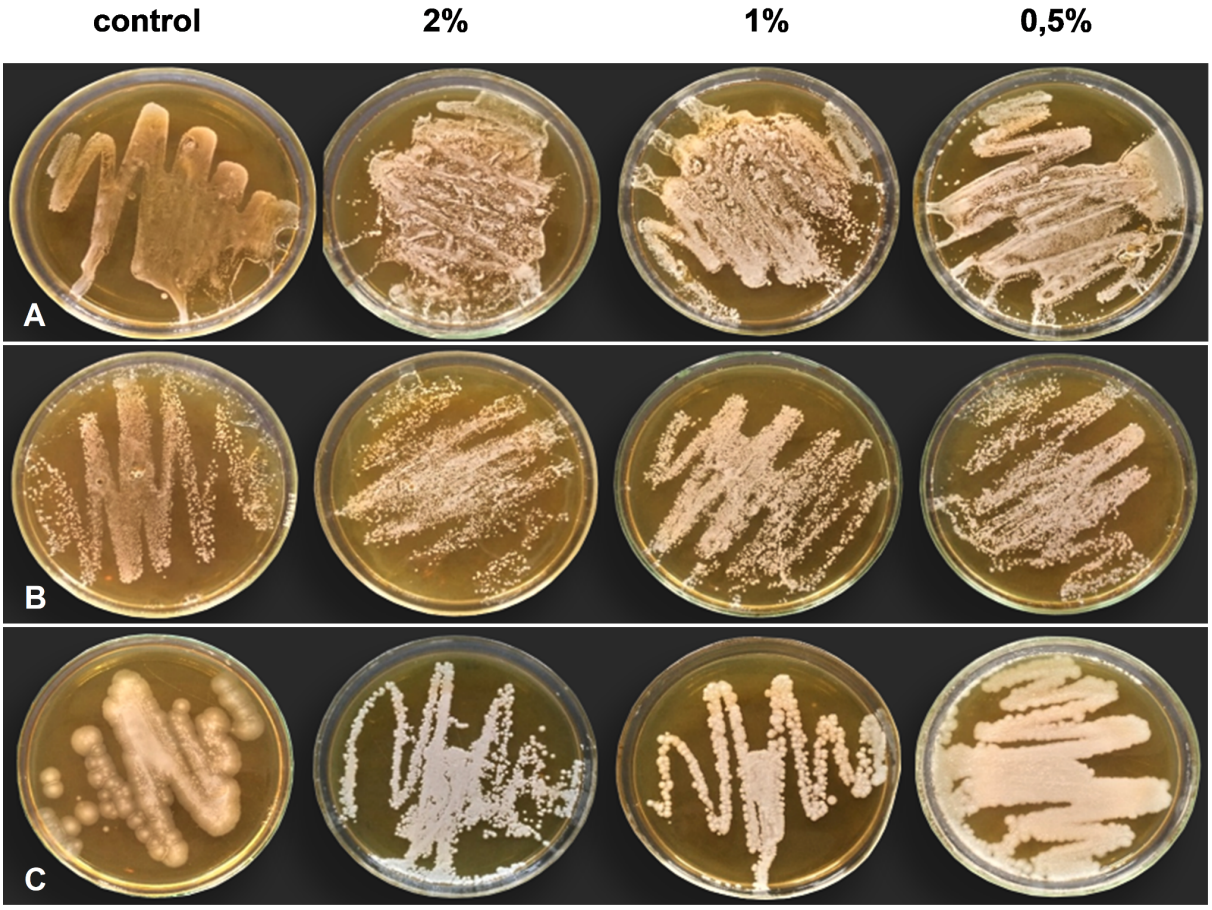


Figure 2 - Growth of different species of *Candida*, in nutrient agar supplemented with ethanolic extract of *G. saccatum* at concentrations of 2%, 1% and 0,5%. (A) *C. albicans*. (B) *C. parapsilosis*. (C) *C. tropicalis*.
Font: AUTHOR (2019).

In an experimental essay, the mushroom species *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (shiitake) has successfully inhibited *C. albicans* strains. On the other hand, the species of mushrooms *Agaricus blazei* Murrill, *A. bonaerensis* Speg., *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., and *Pholiota microspora* (Berk.) Sacc., showed negative results for inhibition (PACCOLA *et al*., 2001), as well as the extract of *G. saccatum*, analyzed in this study. By other hand, the species *A. bisporus* (J.E. Lange) Imbach, *A. bitorquis* (Quél.) Sacc., and *A. essettei* Bon showed potential for antifungal action against strains of *C. albicans* and *C. tropicalis* (ALVES *et al*., 2013).

The ethanolic extract of shiitake mushroom showed stronger antifungal potential against *C. albicans* yeast compared to its aqueous extract. The ethanolic extract was able to significantly reduce the count of *C. albicans* without biofilm formation, with the inhibitory concentration above 25 mg/mL, while the aqueous extract did not show any inhibitory activity (YOO, 2021).

In the evaluation of the inhibitory activity, the crude extract of the species *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. was successful in inhibiting the growth of *C. albicans* ATCC 18804 and *C. parapsilosis* ATCC 22019 strains, while the species *Oudemansiella canarii* (Jungh.) Höhn was able to inhibit the action of *C. tropicalis* ATCC 750 and *C. albicans* ATCC 18804 strains. In both strains the anti-candida activity of the species *Agaricus* cf. *nigrecentulus* Heinem., *Agrocybe perfecta* (Rick) Singer, *Donkia pulcherrima* (Berk. & M.A. Curtis) Pilát [=*Climacodon pulcherrimus* (Berk. & M.A. Curtis) Nikol.], *Gloeoporus thelephoroides* (Hook.) G. Cunn., *Hexagonia hydnoides* (Sw.) M. Fidalgo, *Leucoagaricus* cf. *cinereus* (Quél.) Bon & Boiffard, *Marasmius* cf. *bellus* Berk., *Marasmius* sp., *Nothopanus hygrophanus* (Mont.) Singer ex Pegler, *Pycnoporus sanguineus* (L.) Murrill, *Phellinus* sp., and *Trullella duracina* (Pat.) Zmitr. [=*Tyromyces duracinus* (Pat.) Murrill] as there was no inhibition of growth, as we observed in the present study (ROSA *et al*., 2003).

The extra and intracellular fungal extracts of *Penicillium melinii* Thom, *Petriella setifera* (Alf. Schmidt) Curzi, *Aspergillus tubingensis* Mosseray (=*Aspergillus pseudoniger* Mosseray), *Alternaria chlamydospora* Mouch., *Pythium nayoroense* T. Watanabe, *Didymella glomerata* (Corda) Qian Chen & L. Cai [=*Phoma glomerata* (Corda) Wollenw. & Hochapfel], *Mucor ramosissimus* Samouts., *Mucor racemosus* Bull., *Fusarium chlamydosporum* Wollenw. & Reinking, and *Rhizopus microsporus* Tiegh. (=*Rhizopus azygosporus* G.F. Yuan & S.C. Jong) strains, were tested to evaluate the antifungal action capacity against *Candida* strains. The *Didymella glomerata* [=*Phoma glomerata*] extracts did not show any inhibitory activity against *C. albicans*, *C. dubliniensis*, *C. famata* (F.C. Harrison) S.A. Mey. & Yarrow [=*Debaryomyces hansenii* (Zopf) Lodder & Kreger-van Rij], *C. glabrata*, *C. inconspicua*, *C. kefyr*, *C. krusei*, *C. norvegensis* Dietrichson ex Uden & H.R. Buckley (=*Pichia norvegensis* Leask & Yarrow), *C. parapsilosis*, and *C. tropicalis*. Compensatorily, the extracts of most fungal isolates showed moderate inhibitory activities against most *Candida* species. The *Aspergillus tubingensis* (=*Aspergillus pseudoniger*) extract exhibited good antifungal activity against *C. parapsilosis*, *C. albicans*, and *C. krusei* (AL-ENAZI *et al*., 2018).

Another study with *Geastrum triplex* Jungh, species demonstrates its antibacterial potential to inhibit bacterial pathogens of plants and humans. The study evaluated the species *Agrobacterium tumefaciens* MTCC-431, *Escherichia coli* MTCC-1698, *Xanthomonas campestris* MTCC-2286, *Klebsiella pneumonia* MTCC-7028, *Pseudomonas aeroginosa* MTCC-1934, *Pseudomonas syringae* MTCC-1604, *Salmonella parathyphi* MTCC-1088, *Salmonella typhi* MTCC-968, and

Staphylococcus aureus MTCC-902 in different extracts of *G. triplex* (petroleum ether extract, chloroform extract, and methanol extract). In plant pathogenic bacteria, the petroleum ether extract had a positive result in the inhibition of species *A. tumefaciens* in all tested concentrations (100%, 50%, 25% and 12,5%). With the chloroform extract, positive inhibition occurred in species *X. campestris* in all concentrations. In human pathogenic bacteria, the species *S. parathyphi* did not show inhibition against the methanol extract of *G. triplex*. However, it showed inhibition in the remaining extracts of all concentrations. In the petroleum ether extract, it obtained greater success, mainly in the species *E. coli* and *S. aureus* (inhibition in all concentrations), *S. typhi* in which only the concentration 12,5% was unsuccessful. The chloroform extracts and methanol extract obtained reasonable results in the species *P. aeroginosa*, *S. typhi*, *S. aureus*, *E. coli* and *K. pneumonia* (CHITTARAGI *et al*., 2013).

2.2 Dilution test in broth

The experiment for inhibition was done by the macrodilution method, with the concentrations of 0,5%, 1% and 2% ethanol extract of *G. saccatum*. Analyzing Table 1, it is observed that no inhibition of growth of *Candida* species occurred in any of the tested concentrations, making it impossible to calculate the minimum inhibitory concentration (MIC). This way, the tests reinforce the results of the sensitivity tests on plates.

	MIC
C. albicans	N.F.
C. parapsilosis	N.F.
C. tropicalis	N.F.

*E.E. = Total ethanolic extract
**N.F. = No value found

Table 1 Minimum inhibitory concentration of *Geastrum saccatum* total extract against *Candida albicans*, *C. parapsilosis* and *C. tropicalis*.

The determination of minimum inhibitory concentrations (MICs) and minimum fungicidal concentrations (MFCs) was carried out using the technique of microdilution of the mycelial extract and the crude protein of the medicinal fungus *Ophiocordyceps sobolifera* (Hill ex Watson) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora in contrast with *C. albicans*. The MICs of the mycelial extracts were relatively low, with the mycelial extract Cod-KK1643 showing the most significant activity, with MIC values of 0.78 mg/mL, while the MICs of the crude proteins of all the isolates obtained results more significant than 0,5 mg/mL. The mycelial extracts of Cod-KS1601, Cod-SN1606, and Cod-KK1643 had the lowest MFC value, while the extracts of Cod-NB1302, Cod-

KK1506, Cod-SN1610, and Cod-SN1626 were 50 mg/mL, in crude proteins the MFCs of all isolates were more outstanding than 0,5 mg/mL (SANGDEE et al., 2018).

Different extracts of the *Pleurotus giganteus* (Berk.) S.C. Karunarathna & K.D. Hyde (=*Lentinus giganteus* Berk.) mushroom were used to determine the MIC against *Candida* strains. The aqueous extract had minimal or no inhibitory activity against all *Candida* species tested, as observed to *G. saccatum* extract analyzed in this study. However, the ethyl acetate extract showed an inhibitory action on the growth of all *Candida* strains (*Candida albicans* WM1172, *Candida albicans* ATCC90028, *Candida dubliniensis*, *Candida glabrata* CBS138, *Candida glabrata* ATCC90030, *Candida krusei* ATCC6258, *Candida pseudotropicalis*, *Candida tropicalis* WM30), when tested to 50 and 100 µg/mL. On the other hand, for methanol extract, the strains of *Candida dubliniensis*, *Candida glabrata* CBS138, and *Candida glabrata* ATCC90030, showed sensitivity only at a concentration of 100 µg/mL (PHAN et al., 2013).

In *Geastrum* species, the search for MIC was held by microdilution methodology to analyse its antibacterial action in *E. coli* and *S. aureus*. Tests were performed on different extracts: *Geastrum entomophilum* in the non-mature and mature stages and *Geastrum entomophilum* in the mature stage. The tests performed were negative in different extracts for the strains tested, as were the tests performed in this study with *G. saccatum* in *Candida* species (MOURA, 2017).

The antimicrobial action of different species of the fungus *Pleurotus* against *Bacillus subtilis*, *C. albicans*, *E. coli* and *S. aureus* was verified through disc diffusion test and comparison test. In disc diffusion, the *P. ostreatus* DSM 1833, *P. ostreatus* CCB 001 and *P. sajor-caju* CCB 019 strains did not present inhibitory halo in any of the organisms tested. Positive results occurred only in the *Pleurotus spp*. against *B. subtilis*. In the comparison test, the *P. ostreatus* DSM 1833 and *P. ostreatus* CCB 001 strains obtained reasonable results against *B. subtilis*, *S. aureus* and *C. albicans*. The strain *P. sajor-caju* CCB 019 did not obtain positive results for inhibition of organisms, and the strain *Pleurotus spp* showed inhibition only in the species *B. subtilis* (WISBECK; ROBERT; FURLAN, 2002).

In antimicrobial activity of two extracts (polar and apolar extract) obtained from *Pycnoporus sanguineus* on *E. coli* (ATCC-25923), *S. aureus* (ATCC-25922), *Staphylococcus epidermidis* (ATCC-12228), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC-9027) and *C. albicans* (ATCC-10231), the extracts obtained satisfactory results for inhibition of the organisms tested. In both extracts the strain of *S. aureus* inhibition occurred in the concentrations of 100%, 50%, 25% and 12,50%, in which in the apolar extract inhibition occurred up to the concentration of 6.25%. Within the *P. aeruginosa* strain, inhibition was displayed in both systems, occurring at 100% and 50% concentrations. Meanwhile, in the *S. epidermidis* strain inhibition occurred only with the apolar extract, at concentrations of 100%, 50% and 25%. The strains *E. coli* and *C. albicans* obtained negative results in both extracts (VANDERLINDE; ONOFRE, 2010).

Conclusion

Many studies show that several species of *Candida* are resistant to current antifungal drugs. Thus, the screening for new and efficient antifungal compounds has been pointed, at the same time, as a trending and gap in *Candida*/candidiasis research, due to the scarcity of data, in pharmacological studies. In this context, the present study demonstrated that the ethanol extract of *G. saccatum* does not inhibit the growth of *C. albicans*, *C. parapsilosis* and *C. tropicalis*, but does not exclude the possibility of other types of *G. saccatum* extract being tested in different concentrations against new strains of *Candida*, as well as other microorganisms.

This study made it possible to investigate how two taxonomically closely related organisms (Fungi: Dikarya), but with distinct life histories, can exhibit antagonistic effects on the growth of the other through secondary metabolism unique to the Fungi Kingdom. It is known that there are several fungal species with the potential to fight other fungi and, considering the estimates of richness, studies such as this one should be intensified. Therefore, this study contributes methodological approaches which may possibly further research on these organisms, from different hypotheses based on the same methodological approach, focusing mainly on the native funga from Cerrado.

References

ABREU, J. A. S.; ROVIDA, A. F. S.; PAMPHILE, J. A. Fungos de interesse: aplicações biotecnológicas. *Revista UNINGÁ* Review, 21(1): 55-59, 2015.

AGUIAR, M. M. G. B. *Desenvolvimento de novos comprimidos bucais de nistatina para o tratamento de candidíase*. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ALMIRANTE, B. et al. Epidemiology, risk factors, and prognosis of *Candida parapsilosis* bloodstream infections: case-control population-based surveillance study of patients in barcelona, Spain, from 2002 to 2003. *J Clin Microbiol*, 44: 1681–1685, 2006.

ALVES, M. J. et al. A review on antifungal activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 13(21): 2648-2659, 2013.

ÁLVARES, C. A; SVIDZINSKI, T. I. E; CONSOLARO, M. E. L. Candidíase vulvovaginal: fatores predisponentes do hospedeiro e virulência das leveduras. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v. 43, n. 5, p. 319-327, 2007.

AL-ENAZI, N. M. et al. Isolation, identification and anti-candidal activity of filamentous fungi from Saudi Arabia soil. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 26 (2): 253-257, 2018.

BARBEDO, L. S.; SGARBI, D. B. G. Candidíase. DST - *Jornal Brasileiro de Doenças Sexualmente Transmissíveis*, v. 22, n. 1, p: 22-38, 2010.

BASEIA, I. G.; SILVA, B. D. B.; CRUZ, R. H. S. F. Fungos Gasteroides no Semiárido do Nordeste Brasileiro. *Print Mídia*, 2014.

BERKHOUT, C. M. *Les genres Monilia, Oidium, Oospora et Torula. Typewritten translation by E. A. R. F. Baudet*. Thesis, Utrecht University, 1923.

BETONI, J. E. C. et al. Synergism between plant extract and antimicrobial drugs used on Staphylococcus aureus diseases. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 101, p. 387-390, 2006.

BORST, A. *Candida infections*: detection and epidemiology. Thesis, University Utrecht, 2002.

BROWN, G. D. Innate antifungal immunity: the key role of phagocytes. *Annual review of immunology*, 29: 1-21, 2011.

BUTLER, G. et al. Evolution of pathogenicity and sexual reproduction in eight *Candida* genomes. *Nature*, vol. 459, 2009.

CHAI, L.Y.A.; DENNING, D.W.; WARN, P. Candida tropicalis in human disease. Critical Reviews in *Microbiology*, 36(4): 282–298, 2010.

CHITTARAGI, A. *et al*. Antibacterial Potential of Geastrum triplex Jungh. Against Plant and Human Pathogens. *International Journal of PharmTech Research*, 5(4): 1456-1464, 2013.

COLOMBO, A. L.; GUIMARÃES, T. Epidemiologia das Infecções Hematogênicas por Canida spp. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 36, n. 5, p. 599-607, 2003.

CORTEZ, V. G.; BASEIA, I. G.; SILVEIRA, R. M. B. Gasteromicetos (Basidiomycota) no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 6, n. 3, p. 291-299, 2008.

COSTA, E. M. B. *et al*. In vitro antimicrobial activity of plant extracts of semi-arid region of Paraiba, PB, Brazil. *Journal of Dental Science*, 28(4): 101-104, 2013.

CUNNINGHAM, C. H. *The Gasteromycetes of Australia and New Zealand*. Dunedin, 1944.

DADAR, M. et al. Candida albicans - Biology, molecular characterization, pathogenicity, and advances in diagnosis and control – An update. *Microbial Pathogenesis*, 2018.

DORE, C. M. P. G. et al. Antiinflammatory, antioxidant and cytotoxic actions of β-glucan-rich extract from *Geastrum saccatum* mushroom. *International Immunopharmacology*, 7: 1160–1169, 2007.

FREITAS-NETO, J. F. et al. Geastrum tupiense: a new earthstar fungi species from the Brazilian Atlantic Forest and a new insertion in the Velutina subsection (Geastrales, Basidiomycota). *Rodriguésia*, 74, 2023.

FRIES, E. M. Systema Mycologicum. *Ex Officina Berlingiana*, 3:1-260, 1829.

GÁCSER, A. et al. Virulence of Candida parapsilosis, Candida orthopsilosis, and Candida metapsilosis in reconstituted human tissue models. *Fungal Genetics and Biology*, 44: 1336–1341, 2007.

GIMENES, L. J.; MATHEUS, D. R. Fungos Basidiomicetos: Técnicas de coleta, isolamento e subsídios para processos biotecnológicos. *Instituto de Botânica* – IBt, 2010.

GOW, N. A. R. Germ tube growth in Candida albicans. *Current Topics in Medical Mycology*, 8: 43–55, 1997.

HAJJEH, R. A; WARNOCK D.W. Epidemiology of systemic fungal diseases: overview. *Clinical Mycology*, p. 23-30, 2003.

HARIDY, M. et al. Candida parapsilosis and Candida tropicalis infections in an Okhotsk 3 snailfish (Liparis ochotensis). *The Journal of Veterinary Medical Science*, 2018.

HAWKSWORTH, D. L; LÜCKING, R. Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. *Microbiol Spectrum*, 5(4), 2017.

KIM, S. K.; BISSATI, K. E.; MAMOUN, C. B. Amino acids mediate colony and cell differentiation in the fungal pathogen *Candida parapsilosis*. *Microbiology*, 152: 2885–2894, 2006.

KIRK, P. M. *et al*. *Dictionary of the Fungi*. Cabi, ed. 9, 2001.

LIMA, A. A. *Fungos Gasteroides (Basidiomycota) na Área de Preservação Ambiental Piquiri-Una e no Parque Estadual Mata da Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil*. 2018. Dissertação (Mestrado em Sistemática e Evolução) – Pós-graduação em em Sistemática e Evolução, Universidade Federal do Rio grande do Norte (UFRN), Natal – RN, 2018.

LOPES, W.; VAINSTEIN, M. H.; SCHRANK A. Revealing colonial characteristics of Candida tropicalis by high-resolution scanning electron microscopy. *Clinical Microbiology and Infection*, 2018.

MARRETTO, J. P. M. *Caracterização da Candidemia por Candida parapsilosis (sensu lato) em recém-nascidos*: aspectos epidemiológicos, clínicos, moleculares e

susceptibilidade a antifúngicos. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Programa de Pediatria, São Paulo, 2014.

MENEZES, E. A. *et al*. Identificação Molecular e suscetibilidade antifúngica de Candida parapsilosis isoladas no Ceará, Brasil. *J Bras Patol Med Lab*, v. 48, p. 415-420, 2012.

MORAES, A. M. L.; PAES, R. A.; HOLANDA, V. L. Micologia. *In*: MOLINARO, E. M.; CAPUTO, L. F. G.; AMENDOEIRA, M. R. R. *Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde*. 1 ed. Rio de Janeiro: EPSJV; IOC, 2009.

MORAES, T. M. S. *et al*. Antimycobacterial Activity and Alkaloid Prospection of *Psychotria* Species (Rubiaceae) from the Brazilian Atlantic Rain forest. *Planta Med*, 77: 964-970, 2010.

MOURA, G. M. D. M. *Análise das Atividades Biológicas de Extratos Obtidos de Fungos Geastrum Autóctones do Rio Grande do Norte*. 2017. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2017.

NAGY, L. G.; KOVÁCS, G. M.; KRIZSÁN, K. Complex multicellularity in fungi: evolutionary convergence, single origin, or both? Biological Reviews, 93: 1778–1794, 2018.

NARANJO-ORTIZ, M. A.; GABALDÓN, T. Fungal evolution: cellular, genomic and metabolic complexity. *Biological Reviews*, 95: 1198–1232, 2020.

NCCLS. Método de Referência para Testes de Diluição em Caldo para a Determinação da Sensibilidade a Terapia Antifúngica das Leveduras. 2. ed. Pennsylvania, EUA, 2002.

O'MEARA, T. R. *et al*. High-Throughput Screening Identifies Genes Required for *Candida albicans* Induction of Macrophage Pyroptosis. *MBIO*, v. 9, 2018.

PACCOLA, E. A. et al. Antagonistic effect of edible mushroom extract on Candida albicans growth. *Brazilian Journal of Microbiology*, 32: 176-178, 2001.

PAULA, C. R.; RUIZ, L. S. Técnicas para Diagnóstico Precoce das Infecções por Leveduras do Gênero *Candida*. *In*: ZAITZ, C. *et al*. *Compêndio De Micologia Médica*. ed. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

PEREIRA, L. T. *Diversidade e aspectos ecológicos de fungos Gasteróides (Basidiomycota) em quatro áreas de Mata Atlântica no Estado de Pernambuco, Brasil*. 2010. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) – Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

PHAN, C. W. et al. Lipid constituents of the edible mushroom, *Pleurotus giganteus* demonstrate anti-Candida activity. *Natural product communications*, 8(12): 1763-1765, 2013.

PORMAN, A. M. *et al*. Discovery of a phenotypic switch regulating sexual mating in the opportunistic fungal pathogen Candida tropicalis. *PNAS*, 108(52): 21158–21163, 2011.

PRADO, R. S. *et al.* Inhibition of *Paracoccidioides lutzii* Pb01 Isocitrate Lyase by the Natural Compound Argentilactone and Its Semi-Synthetic Derivate. *Plosonte*, 99: 11-13, 2014.

ROSA, L. H. *et al*. Screening of Brazilian basidiomycetes for antimicrobial activity. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 98, p. 967-974, 2003.

SANGDEE, A. *et al*. Effects of mycelial extract and crude protein of the medicinal mushroom, Ophiocordyceps sobolifera, on the pathogenic fungus, Candida albicans. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 17(12): 2449-2454, 2018.

SUNHEDE, S. Geastraceae (Basidiomycotina). Morphology, ecology and systematics with special emphasis on the North European species. *Synopsis Fungorum*, 1: 1-534, 1989.

SUZUKI, T., MIYAMAE Y., ISHIDA I. Variation of colony morphology and chromosomal rearrangement in Candida tropicalis pK233. *Microbiology*, 137(1): 161-167, 1991.

SZABO, E. K.; MACCALLUM, D. M. The contribution of mouse models to our understanding of systemic candidiasis. *Federation of European Microbiological Societies*, 320: 1–8, 2011.

TAVANTI, A. et al. Genetic evidence for recombination in Candida albicans based on haplotype analysis. *Fungal Genet Biol*, 41:553–562, 2004.

TRIERVEILER-PEREIRA, L.; BASEIA, I. G. A checklist of the Brazilian gasteroid fungi (Basidiomycota). *Mycotaxon*, 108: 441-444, 2009.

TRIERVEILER-PEREIRA, L.; CALONGE, F. D.; BASEIA, I. G. New distributional data on Geastrum (Geastraceae, Basidiomycota) from Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 25(3): 577-585, 2011.

VANDERLINDE, D. G.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana de metabólitos produzidos pelo fungo Pycnoporus sanguineus (Linnaeus: Fries) Murrill. *Saúde e Pesquisa*, v. 3, n.1, 2010.

VIEIRA, F.; NACIMENTO, T. Resistência a Fármacos Antifúngicos por Candida e Abordagem Terapêutica: Candida Antifungal Resistance and Therapeutic Approach. *Rev Port Farmacoter*, 9:161-168, 2017.

VYLKOVA, S. et al. The Fungal Pathogen *Candida albicans* Autoinduces Hyphal Morphogenesis by Raising Extracellular pH. *Mbio*, vol. 2, 2011.

WEEMS JR, J. J. Candida parapsilosis: epidemiology, pathogenicity, clinical manifestations, and antimicrobial susceptibility. *Clinical Infectious Diseases*, 14(3): 756-766, 1992.

WHITNEY, K. D; ARNOTT, H. J. Calcium Oxalate Crystals and Basidiocarp Dehiscence in Geastrum saccatum (Gasteromycetes). *Mycologia*, 78(4): 649-656, 1986.

WISBECK, E.; ROBERT, A. P.; FURLAN, S. A. Avaliação da produção de agentes antimicrobianos por fungos do gênero *Pleurotus*. *Health and Environment Journal*, v. 3, n. 2, p. 7-10, 2002.

ZAMORA J. C. *et al*. Systematics of the genus Geastrum (Fungi: Basidiomycota) revisited. *Taxon*, 63: 447-497, 2014.

YOO, H. J. Preventive effects of shiitake mushroom extract on candida stomatitis. *Journal of Dental Rehabilitation and Applied Science, 37(3): 123-129, 2021.*

ZUZA-ALVES*,* D. L. *et al.* Candida tropicalis Geographic Population Structure Maintenance and Dispersion in the Coastal Environment May be Influenced by the Climatic Season and Anthropogenic Action. *Microbial Pathogenesis*, 128: 63-68, 2019.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

Competição de cultivares de alface solta crespa na hidroponia em Jataí-GO

CULTIVARS OF LOOSE-LEAF LETTUCE EVALUATION IN HYDROPONICS IN JATAÍ-GO

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE LECHUGA DE HOJA SUELTA EN HIDROPONÍA EN JATAÍ-GO

Leandro Gonçalves Assunção
Universidade Federal de Jataí

Leticia Martins de Sousa
Universidade Federal de Jataí

José Hortêncio Mota
Universidade Federal de Jatai

Resumo

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil. O seu desenvolvimento é afetado por temperatura elevadas. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de 15 cultivares de alface do grupo solta crespa (Cristal, Brida, HTR252, Solaris, Vanda, Camila, TE70, Milena, SRV 205, Isabela, Alcione, Vera, Valentina, Veneranda e Thais) cultivadas em cultivo hidropônico sob casa de vegetação no período de verão no município de Jataí, Goiás. O experimento foi conduzido com o delineamento em blocos casualizados em quatro repetições. Sendo avaliadas as seguintes características: massa fresca total; massa fresca comercial; peso fresco de raiz; altura da planta; número de folhas; comprimento do caule; diâmetro da planta comercial e peso de caule. Todas as cultivares avaliadas apresentaram padrão comercial para mercado in natura em Jatai-GO. Sendo que as cultivares que apresentam maior produção comercial foram: Cristal (260,58 g planta^{-1}), Brida (248,91 g planta^{-1}), HTR252 (227,0 g planta^{-1}), Vanda (237,16 g planta^{-1}), Camila (234,5 g planta^{-1}), TE70 (235,66 g planta^{-1}), Milena (231,58 g planta^{-1}) e SRV 205 (228,58 g planta^{-1}).

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.; produção, competição de cultivares.

Abstract

Lettuce is the most consumed leafy vegetable in Brazil. Its development is affected by high temperatures. The objective of this study was to evaluate the performance of 15 lettuce cultivars of the loose-leaf group (Cristal, Brida, HTR252, Solaris, Vanda, Camila, TE70, Milena, SRV 205, Isabela, Alcione, Vera, Valentina, Veneranda and Thais) grown in hydroponic culture under greenhouse during the summer period in the city of Jataí, Goiás, Brazil. The experiment was conducted in randomized block design with four repetitions. The following characteristics were evaluated: total fresh mass; commercial fresh mass; root fresh weight; plant height; number of leaves; stem length; commercial plant diameter and stem weight. All cultivars evaluated presented commercial standards for the fresh market in Jataí-GO. The cultivars with the highest commercial production were: Cristal (260.58 g plant^{-1}), Brida (248.91 g plant^{-1}), HTR252 (227.0 g plant^{-1}), Vanda (237.16 g plant^{-1}), Camila (234.5 g plant^{-1}), TE70 (235.66 g plant^{-1}), Milena (231.58 g plant^{-1}) and SRV 205 (228.58 g plant^{-1}).

Keywords: *Lactuca sativa* L.; yield, cultivar competition.

Resumen
La lechuga es la hortaliza de hoja verde más consumida en Brasil. Su desarrollo se ve afectado por las altas temperaturas. El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño de 15 cultivares de lechuga del grupo de hoja suelta (Cristal, Brida, HTR252, Solaris, Vanda, Camila, TE70, Milena, SRV 205, Isabela, Alcione, Vera, Valentina, Veneranda y Thais) cultivados en cultura hidropónica bajo invernadero en el período de verano en la ciudad de Jataí, Goiás, Brasil. El experimento se realizó en diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron las siguientes características: masa fresca total; masa fresca comercial; peso fresco de la raíz; altura de la planta; número de hojas; longitud del tallo; diámetro de la planta comercial y peso del tallo. Todos los cultivares evaluados presentaron estándar comercial para el mercado fresco en Jataí-GO. Los cultivares con mayor producción comercial fueron: Cristal (260,58 g planta^{-1}), Brida (248,91 g planta^{-1}), HTR252 (227,0 g planta^{-1}), Vanda (237,16 g planta^{-1}), Camila (234,5 g planta^{-1}), TE70 (235,66 g planta^{-1}), Milena (231,58 g planta^{-1}) y SRV 205 (228,58 g planta^{-1}).

Palabras clave: *Lactuca sativa* L.; producción, competencia entre cultivares.

Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, sendo a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil e no mundo (SALA; COSTA, 2012). O seu desenvolvimento é diretamente afetado por fatores ambientais como temperatura, clima, incidência solar, entre outros (YURI *et al.*, 2002). Sendo originaria de regiões de clima temperado, a cultura apresenta dificuldades de desenvolvimento em regiões que apresentam temperatura e luminosidade superiores a seu clima de origem como no Brasil, o que dificulta seu desenvolvimento com relação ao seu potencial produtivo (BEZERRA NETO *et al.*, 2005).

A cultura é anual de porte herbáceo, caule reduzido e não ramificado com folhas grandes, lisas ou crespas, formando ou não na forma de uma cabeça. Possui um sistema radicular pivotante de ramificações finas e curtas, podendo atingir até 60 cm de profundidade, explorando efetivamente de 15 a 20 cm do perfil do solo (GOTO, 1998).

As cultivares de alface podem ser agrupadas, considerando-se as características das folhas, bem como o fato de se reunirem ou não formando uma cabeça, obtendo-se assim seis grupos ou tipos diferenciados. Sendo que o grupo solta-crespa possui as folhas bem consistentes, crespas e soltas, não formando cabeça (FILGUEIRA, 2008).

Segundo Costa e Sala (2005), o grupo solta crespa é o mais cultivado no Brasil com total de 70% do mercado. As do grupo americana e lisa detêm 15% e 10%, respectivamente, enquanto outras (vermelha, mimosa, romana) correspondem a 5% do mercado.

O cultivo hidropônico para as hortaliças como para a alface, vem tornando-se uma alternativa viável, apresentando um produto de alta qualidade, ciclo curto, maior

produtividade, menor gasto de água, insumos agrícolas e mão de obra (PAULUS *et al.*, 2012) quando comparado com o cultivo em solo ou em canteiros.

A alface é uma cultura que apresenta elevada fragilidade no seu cultivo e baixo conservação pós colheita (murcha com facilidade) o que dificulta o transporte e comercialização a longas distancias, sendo que seu cultivo se concentra próximos aos centros consumidores. Tornando assim fundamental o desenvolvimento de cultivares que sejam adaptadas aos mais diversos microclimas presentes nas regiões brasileiras. Melo *et al.* (2013) ressaltam que as perdas de frutas e hortaliças representam um custo em torno de 600 milhões de reais por ano, sendo que 86% das perdas de frutas e hortaliças ocorrem durante a exposição do produto para a venda.

No mercado brasileiro, estão disponíveis diversas cultivares de alface, sendo algumas já adaptadas ao cultivo protegido, enquanto outras carecem de recomendações, principalmente, para cultivo hidropônico (GUALBERTO; OLIVEIRA; GUIMARÃES, 2009). A ausência de cultivares selecionadas ou melhoradas para cultivo protegido em casas de vegetação tem se tornado um fator limitante ao desenvolvimento dessa modalidade de exploração em determinadas regiões (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Dessa forma, é necessário que as cultivares desenvolvidas pelas empresas de sementes, sejam testadas pelos produtores, tanto em cultivo no solo, como em cultivo hidropônico, em todas as estações do ano, buscando identificar características que atendam aos produtores e agradem os consumidores finais.

O desenvolvimento genético vem obtendo resultados cada vez mais positivos em relação a essa adaptabilidade da espécie para as diversas regiões. No entanto o comportamento da planta é muito variável em função da diversidade climática de cada região tornando-se necessário uma avaliação mais detalhada para cada produtor, pois a planta apresenta mudanças de comportamento perante as variações edafoclimáticas (SILVA; VIZZOTO, 1994).

Este estudo teve como objetivo a avaliar o desempenho de 15 cultivares do grupo solta crespa em cultivo hidropônico sob casa de vegetação no período de verão no município de Jataí, localizado na região Sudoeste do Estado de Goiás.

1 Material e métodos

O experimento foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Jataí – GO nas coordenadas 17°53’12” S e 51°40’12’’O, com altitude 789 m em relação ao nível do mar, o clima da região segundo Köppen é Aw tropical de savana e megatérmico, onde apresenta estações chuvosa e seca bem definidas, sendo que temperatura média anual é de 23,7°C e a precipitação anual média de 1644,9 mm.

Foram utilizadas 15 cultivares do grupo solta crespa (Cristal, Brida, HTR 252, Vanda, Camila, TE 70, Milena, SRV 2005, Solaris, Isabela, Alcione, Vera, Valentina, Veneranda e Thais).

O experimento foi conduzido em hidroponia em casa de vegetação (estufa) do tipo arco não climatizada, com 315 m^2 de área (45 m de comprimento x 7 m de largura), pé direito de 4 m e cobertura com polietileno de baixa densidade (PEBD), aditivado contra raios ultravioletas (UV) e espessura de 150 µm e suas laterais revestidas por tela branca.

A semeadura foi realizada com sementes peletizadas em uma espuma fenólica com células dimensionadas em 2 cm x 2 cm x 2 cm e colocadas em um berçário para produção das mudas, irrigado com solução nutritiva por 5 dias.

Posteriormente, as mudas foram transferidas para as bancadas de pré-crescimento compostas de 18 perfis hidropônicos de polipropileno, com 6,0 m de comprimento, com orifícios de 2,5 cm de diâmetro e 5 cm de largura cada, com uma largura de bancada de cultivo de 2,0 m, com espaçamento entre plantas e perfis de 12 x 12 cm. Permanecendo durante o período de 10 dias, quando atingiram de quatro a seis folhas definitivas.

Após esse período foram transplantadas para as bancadas de crescimento final, compostas de nove perfis hidropônicos, com 6 m de comprimento, com orifícios de 5 cm de diâmetro e 10 cm de largura cada, com espaçamento entre plantas e perfis de 25 x 25 cm, com declividade de 5%, onde permaneceram até atingirem o ponto de colheita.

A técnica utilizada para o cultivo hidropônico foi a Nutrient Film Techinique (NFT) ou técnica de circulação laminar de nutrientes, que consistia no bombeamento intermitente de solução nutritiva, formando uma fina lâmina da solução que supria as plantas de água e nutrientes.

A solução nutritiva era conduzida do reservatório até os canais de cultivo, por meio do conjunto motobomba, passando pelas raízes na forma de lâmina d´água com os nutrientes dissolvidos, possibilitando que a planta absorvesse a água, os nutrientes e o oxigênio de que necessitava e retornava por gravidade ao reservatório, formando um sistema fechado. Esse sistema era dividido em três fases distintas de produção: berçário (produção de mudas), pré-crescimento e crescimento final (colheita).

Em todas as fases do experimento a composição da solução nutritiva utilizada era a mesma. Para o preparo de 1000 litros da solução nutritiva, foi utilizado 700 g de composto recomendado para hidroponia (10% de N; 9% de P; 28% de Mg; 4,3% de S; 0,06% de B; 0,01% de Cu; 0,07% de Mo; 0,05% de Mn; e 0,02% de Zn), 500 g de nitrato de cálcio, 625 g de nitrato de potássio e 12 g de quelato de ferro.

O manejo da solução nutritiva era realizado diariamente por meio da reposição da água consumida, do acompanhamento da condutividade elétrica, que se manteve em uma faixa de 1,2 a 1,5 mS cm^{-1}, e da correção do pH, mantendo o entre 6,2 e 6,5.

O sistema de irrigação foi composto por um conjunto hidráulico de bancadas de cultivo, um tanque de armazenamento de solução nutritiva, com capacidade de 5000 litros e um conjunto motobomba de 1cv, ligado a um temporizador ("Time") que era ligado de forma intermitente com intervalos de 15 minutos acionado e 15 minutos em pausa. Os valores da condutividade elétrica (CE) foram mantidos entre 1,0 e 1,5mS cm^{-1}, como recomendado para períodos quentes ou regiões de clima quente.

Cada tratamento foi constituído por três repetições de cada cultivar, com as plantas dispostas em delineamento experimental em blocos casualisados, sendo cada parcela constituída por 20 plantas de cada cultivar.

Na ocasião da colheita foram colhidas quatro plantas por parcela, sendo avaliadas as características massa fresca total e comercial, peso da raiz, altura da planta, número de folhas, comprimento do caule, diâmetro da planta comercial e peso de caule.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e os tratamentos e suas medidas foram comparados pelo teste de Scott-Knott, adotando o nível de significância de 5% por meio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

2 Resultados e discussão

Foi observado por meio do resumo da análise de variância (Tabela 1) que ocorreram diferenças significativas dentre as cultivares para as variáveis: massa fresca total (MFT), massa fresca comercial (MFC), altura de plantas (H), comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC) e peso de caule (PC). Sendo que para diâmetro de planta (DP) e número de folhas (NF) não houve diferença significativa entre cultivares de alface do grupo solta crespa (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os níveis de significância das características massa fresca total (MFT), massa fresca comercial (MFC), altura (H), diâmetro de planta (DP), número de folhas (NF), comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC), e peso de caule (PC) de cultivares de alface do grupo solta crespa em Jataí-GO.

FV	GL	Quadrados Médios								
		MFT	MFC	PR	H	DP	NF	CC	DC	PC
Blocos	2	733,12^{ns}	399,96^{ns}	7,46^{ns}	0,97^{ns}	3,99^{ns}	13,34^{ns}	75,61^{ns}	65,67^{ns}	1,99^{ns}
Cultivares	14	2460,16*	2353,08*	65,35*	12,37*	13,47^{ns}	27,89*	615,30*	2,76*	37,70*
Erro	28	752,01	678,93	17,46	3,15	4,72	7,50	165,63	2,13	7,18
CV (%)		11,84	12,01	10,22	7,73	12,65	14,0	15,49	6,1	14,30

Em que: ns = não significativo; * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.
Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a característica avaliada massa fresca total (MFT) e comercial (MFC) (Tabela 1) de alface houve a formação de dois grupos. Sendo que as cultivares mais produtivas (MFT) foram Cristal (270,83 g planta^{-1}), Brida (263,15 g planta^{-1}), HTR252 (258,58 g planta^{-1}), Vanda (52,58 g planta^{-1}), Camila (251,0 g planta^{-1}), TE70 (245,91 g planta^{-1}), Milena (243,25 g planta^{-1}), SRV 205 (241,45 g planta^{-1}), Solaris (229,83 g planta^{-1}), as quais não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 2). Já para MFC as cultivares que apresentam maior massa foram Cristal (260,58 g planta^{-1}), Brida (248,91 g planta^{-1}), HTR252 (227,0 g planta^{-1}), Vanda (237,16 g planta^{-1}), Camila (234,5 g planta^{-1}), TE70 (235,66 g planta-1), Milena (231,58 g planta^{-1}) e SRV 205 (228,58 g planta^{-1}), as quais também não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 2).

Diamante *et al.* (2013), avaliando ambientes de cultivo (telas de sombreamento 30 e 50%, telas termo-refletoras 30 e 50% e campo aberto) e quatro cultivares de alface tipo lisa, Elisa (105,75 g planta^{-1}), Elizabeth (112,44 g planta^{-1}), Regiane (163,94 g planta^{-1}) e Regina (177,75 g planta^{-1}), também obtiveram variação na produção de plantas de alface.

Yuri *et al.* (2006) relatam que a massa fresca comercial é a característica mais importante para uma cultivar de alface. Esta inferência deve-se provavelmente da alface ser adquirida por unidade, para o mercado *in natura*, sendo assim as plantas com maior tamanho ou volume terão maior preferência do consumidor.

Tabela 2. Resumo do teste de médias das MFT Massa fresca total (MFT), massa fresca comercial (MFC), peso de raízes (PR), altura (H), diâmetro de planta (DP), número de folhas (NF), comprimento de caule (CC), diâmetro de colmo (DC), peso de colmo (PC). De cultivares de alface do grupo solta crespa cultivadas em sistema de hidroponia em Jataí-GO*.

Cultivar	MFT (g)	MFC (g)	PR (g)	H (cm)	DP (cm)	NF (un)	CC (mm)	DC (mm)	PC (g)
Cristal	270,83 a	260,58 a	43,33 a	23,25 a	27,62 a	21,91 a	82,89 b	20,48 a	23,03 a
Brida	263,16 a	248,91 a	48,71 a	22,56 a	28,40 a	20,16 a	75,78 b	20,67 a	21,80 a
HTR 252	258,58 a	227,00 a	45,33 a	26,23 a	27,38 a	21,33 a	82,40 b	20,62 a	21,50 a
Vanda	252,83 a	237,16 a	36,41 b	24,51 a	27,13 a	20,58 a	101,87 a	16,34 b	23,78 a
Camila	251,00 a	234,5 a	45,00 a	22,38 a	26,92 a	20,41 a	102,75 a	17,15 b	22,01 a
TE 70	245,91 a	235,66 a	44,91 a	25,71 a	29,27 a	19,58 a	78,73 b	17,50 b	18,41 b
Milena	243,25 a	231,58 a	45,58 a	24,84 a	27,66 a	25,75 a	82,39 b	18,24 b	20,56 a
SRV 2005	241,45 a	228,58 a	38,58 b	19,60 b	26,45 a	12,83 b	68,91 b	16,29 b	14,38 b
Solaris	229,83 a	211,00 b	40,25 b	23,55 a	28,15 a	19,16 a	105,23 a	16,17 b	20,21 a
Isabela	221,91 b	203,66 b	44,41 a	19,96 b	25,81 a	20,08 a	70,33 b	17,25 b	14,78 b
Alcione	218,83 b	207,58 b	37,66 b	23,48 a	27,18 a	19,00 a	80,83 b	15,37 b	17,61 b
Vera	206,33 b	195,08 b	36,00 b	22,09 a	25,56 a	17,83 b	83,50 b	15,83 b	16,95 b

Valentina	204,33 b	192,58 b	33,33 b	23,10 a	27,38 a	22,41 a	75,51 b	17,48 b	16,35 b
Veneranda	201,75 b	190,58 b	35,75 b	23,87 a	25,60 a	17,41 b	100,90 a	14,34 b	18,30 b
Thais	165,16 b	150,08 b	37,50 b	19,71 b	25,08 a	15,83 b	54,37 b	13,88 b	11,41 b
Média	231,70	216,97	40,83	22,99	27,04	19,69	83,09	17,18	18,74
CV (%)	11,84	12,01	10,23	7,73	10,11	14,01	15,49	12,65	14,3

* Em que: Médias seguidas por *letras iguais na coluna* não diferem entre si pelo teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Galon (2012), na escolha das cultivares de alface, indica que deve-se avaliar a aceitação pelo consumidor, capacidade de adaptação ao clima local, a produtividade, o manejo, a qualidade, resistência a pragas e doenças e, principalmente, ao pendoamento precoce o que influencia diretamente na produção das cultivares. Gualberto, Oliveira e Guimaráes (2009) afirmam que a cultura da alface possui uma elevada interação genótipo x ambiente, o que poderia justificar a diferença de produção entre as cultivares avaliadas, obtido no experimento (Tabela 2).

Para a característica peso fresco de raízes (PR) houve também a formação de dois grupos (Tabela 2), sendo que as cultivares Cristal (43,33 g planta^{-1}), Brida (48,71 g planta^{-1}), HTR252 (445,33 g planta^{-1}), Camila (45,0 g planta^{-1}), TE70 (44,91 g planta^{-1}), Milena (45,58 g planta^{-1}), Isabela (44,41 g planta-1), apresentaram maiores biomassa de raiz as quais também não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 2). Blat *et al.* (2011), avaliando o desempenho de cinco cultivares de alface (Pira Roxa, Belíssima, Locarno, Crespona Gigante e Verônica) em dois ambientes de cultivo (casa de vegetação climatizada e não climatizada) em sistema hidropônico NFT, também verificaram a diferença estatística para peso fresco de raízes entre as cultivares, sendo que as cultivares Crespona Gigante (33,4 g planta^{-1}), Verônica (27,2 g planta^{-1}), e Locarno (29,5 g planta^{-1}), tiveram as maiores massas frescas.

Porém, observa-se que a quantidades das raízes é um fator fundamental na produção de alface, pois além de serem responsáveis pela absorção de nutrientes e a sustentação da planta quando cultivada no solo. Porém para o cultivo em hidroponia a quantidade de raízes exerce papel fundamental para maior conservação na pós colheita, pois as raízes presentes na planta após a colheita, influenciam no maior armazenamento de água e assim retardam o tempo de amarelecimento das folhas em pós colheita.

Para a característica altura de plantas houve diferença estatística, sendo as cultivares agrupadas em dois grupos, sendo a média geral encontrada de 20,99 cm. Plantas com folhas grandes, bem destacadas, tem preferência do consumidor, pois facilitam a desfolha para a higienização.

Lima *et al.* (2016), avaliando o comportamento de cinco cultivares de alface (Brida, Amanda, Cristal, Invicta e Verônica) do grupo solta crespa nas condições de Jataí-GO, obtiveram diferença entre as cultivares para a variável altura de planta sendo que Verônica (27,25 cm planta^{-1}) e Cristal (24,95 cm planta^{-1}) foram as que apresentaram maiores alturas.

Para a característica diâmetro de plantas não houve diferença significativa para as cultivares (Tabela 2).

Os aspectos relacionados com o tamanho das plantas, como altura e diâmetro são de fundamental importância, para a realização da logística de transporte, pois as plantas de alface após a colheita, são acondicionadas em caixas plásticas ou de madeira (SALA; COSTA, 2012) e muitas vezes o produtor transporta um mix de produtos até o local de comercialização.

A comercialização de alface no município de Jataí, ocorre tanto em embalagens plásticas (saco) para os supermercados ou sem embalagens (nas feiras livres), observa-se quando as plantas de alface são colocadas em embalagens plásticas (saco) há maior proteção das plantas contra quebra das folhas, durante o manuseio. Assim o produtor deve adequar sua embalagem para acondicionamento da planta para a comercialização de acordo com o tamanho das plantas provavelmente devido à dificuldade de colocar as plantas nos sacos plásticos.

Segundo Sediyama *et al*. (2000), plantas com tamanho exagerado de folhas pode ser uma característica indesejável pela dificuldade de inserir as plantas nas embalagens, causando danos causados às plantas.

Para a característica número de folhas houve diferença estatística entre as cultivares (Tabela 2). Santos, Theodoro e Seabra Junior (2009), estudando cinco cultivares de alface tipo crespa solta (Verônica, Veneranda, Vera, Isabela e Cinderela), obtiveram média da cultivar Veneranda (18,15 folhas planta^{-1}) e Verônica (14,6 folha planta^{-1}) valores médios inferiores ao obtido no experimento (Tabela 2).

A alface é uma hortaliça que se consome as folhas, sendo que a quantidade das mesmas é um atributo importante. Filgueira (2008) ressalta que comercialização desta hortaliça ser realiza de forma unitária, sendo assim o consumidor realiza sua escolha não só pelo aspecto das folhas (sanidade), mas também pelo tamanho ou volume da planta (DIAMANTE *et al.*, 2013). Na alface, quanto maior o número de folhas presentes na planta, maior massa fresca, consequentemente maior produtividade (ARAÚJO NETO; FERREIRA; PONTES, 2009). Segundo Oliveira *et al.* (2004), a quantidade de folhas apresentada na alface é uma das características de maior importância e está diretamente ligada ao fotoperíodo e a temperatura ambiental onde se localiza a produção.

Para a característica comprimento de caule (CC) houve diferença estatística (Tabela 2). Sendo que as cultivares Vanda (10,18 cm), Camila (10,58 cm), Solaris (10,52 cm) e Veneranda (10,01 cm) apresentaram maior comprimento. O maior

comprimento do caule de alface é um indicativo de baixa tolerância a pendoamento precoce. Diamante *et al*. (2013), avaliando quatro cultivares de alface tipo lisa (Elisa, Elizabeth, Regiane e Regina) quanto ao comprimento do caule, relatam que o menor comprimento do caule (Elisa) também apresentou as menores médias para todas as características avaliadas, e que o menor comprimento de caule pode estar relacionado ao tamanho da planta. O que também foi observado para cultivar Thais (Tabela 2).

Segundo Resende *et al.* (2008), para a comercialização de alface americana o tamanho do caule mais adequado situa-se entre 6,0 e 9,0 cm de comprimento. Porém não há um padrão estabelecido de tamanho de caule para alface do grupo solta crespa. Já Cásseres (1980) relata que o pendoamento da alface, é acelerado com temperaturas acima de 20°C, e com o aumento da temperatura, a planta, emite o pendão floral precocemente, tornando-se o produto impróprio para comercialização, é também para o consumo, pois a planta em função do acúmulo de látex, torna as folhas com gosto amargo sendo que algumas cultivares mais modernas não apresentam essa característica, o que pode favorecer a colheita por maior tempo.

As diferentes regiões brasileiras apresentam distintas variações de desempenho das cultivares, levando em consideração que cada cultivar pode expressar de maneira única seu potencial quando expostas as condições ambientais nos diversos microclimas presentes no país (NESPOLI *et al.*, 2009; QUEIROZ *et al.*, 2014).

Para a característica diâmetro de caule (DC) houve diferença estatística entre as cultivares (Tabela 2) sendo que as cultivares que apresentaram maiores diâmetro foram: Cristal (20,48 mm planta^{-1}) e Brida (20,67 mm planta^{-1}) e HTR 252 (20,62 mm planta^{-1}), porém não apresentaram diferença.

Observa-se que para peso fresco de caule (DC) houve diferença estatística entre as cultivares, sendo as que apresentaram maior peso foram Cristal (23,03 mm planta^{-1}) e Brida (21,80 mm planta^{-1}) e HTR 252 (21,50 mm planta^{-1}), Vanda (23,78 mm planta^{-1}), Camila (22,01 mm planta^{-1}), Milena (20,56 mm planta^{-1}), Solaris (20,21 mm planta^{-1}), porém sem apresentarem diferença entre si (Tabela 2).

Lima *et al.* (2016), avaliando o comportamento de cinco cultivares de alface (Brida, Amanda, Cristal, Invicta e Verônica) do grupo solta crespa, observaram diferença para massa fresca do caule sendo que as cultivares Verônica (42,70 g planta^{-1}) Brida (30,70 g planta^{-1}) se destacaram em relação às demais.

Observa-se que no Brasil o consumo de caule de alface não é um habito comum, sendo que o mesmo pode ser consumido juntamente com as folhas, no entanto um caule com menor tamanho seria desejável, uma vez que no momento da desfolha da planta o caule é descartado e somente as folhas são consumidas.

Conclusões

Para as condições de verão em Jataí-GO, todas as cultivares apresentaram padrão comercial para o mercado *in natura*.

As cultivares Brida, Camila, Cristal, HTR252, Milena, TE70, Vanda, e SRV 205 foram as que apresentam maior produção comercial.

Referências

ARAÚJO NETO, S. E.; FERREIRA, R. L. F.; PONTES, F. S. T. Rentabilidade da produção da orgânica de cultivares de alface com diferentes preparos de solo e ambiente de cultivo. *Ciência Rural*, v. 39, n. 5, p. 1362-1368, 2009.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; ROCHA, R. H.; QUEIROGA, R. C. F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 2, p. 189-192, 2005.

CÁSSERES, E*. Producciôn de hortalizas.* 3 ed. São José: ICA, 1980.

COSTA, C.P.; SALA, F.C. cost. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 1, p. [verso da capa], 2005.

DIAMANTE, M. S.; SANTINO JUNIOR, S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 133-140, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. *Manual de olericultura:* cultura e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008.

GALON, K. *Avaliação do desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico e panorama da hidroponia no Estado do Espírito Santo.* 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campus de Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2012.

GOTO, R. A cultura de alface. *In*: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. *Produção de hortaliças em ambiente protegido:* condições subtropicais. São Paulo: Unesp, 1998, p.137-159.

GUALBERTO R; OLIVEIRA, P.S.R.; GUIMARÃES, A.M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa, em cultivo hidropônico. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 1, p. 7-11, 2009.

LIMA, J. C. S.; SOUSA, L. M.; REZENDE, J. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H. Desempenho de cultivares de alface do grupo crespa em Jataí-GO. *In*: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20, 2016, São José dos Campos. *Anais* [...]. São José dos Campos: UNIVAP, 2016.

MELO, E. L., LOPES, J. S., DEODORO, R. N., MARUYAMA, U.; GUIMARÃES, A. A. O desafio do planejamento de demanda no setor hortifrutigranjeiro: um estudo de caso da Empresa Nova Casbri. *In*: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 10, 2013, Resende-RJ. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/45318548.pdf. Acesso em: 5 abr. 2014.

NESPOLI, A.; THEODORO, V. C. A.; SANTOS, C. L.; SEABRA JUNIOR, S.; LALLA, J. G. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 49, 2009, Águas de Lindóia. *Anais* [...]. Brasília: ABH, 2009.

OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C.; GARCIA, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 26, n. 2. p.211-217, 2004.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. *Revista Ceres*, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012.

QUEIROZ, J. P. S.; COSTA, A. J. M.; NEVES, L. G.; SEABRA JÚNIOR, S.; BARELLI, M. A. A. Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 2, p. 276-283, 2014.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Resposta da alface tipo americana a doses e épocas de aplicação de molibdênio em cultivo de inverno. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 1, p. 143-148, 2008.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p.187-194, 2012.

SANTOS, C. L.; THEODORO, V. C. A.; SEABRA JUNIOR, S. Produção de cultivares comerciais de alface em ambiente protegido em Cáceres-MT. *In*: JORNADA CIENTIFICA DA UNEMAT, 2, 2009, Cáceres. *Anais* [...]. Cáceres: UNEMAT, 2009.

SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C. P.; GARCIA, S. R. L. Seleção de cultivares de alface para cultivo hidropônico. *Horticultura Brasileira*, v. 18, p. 244-245, 2000.

SILVA, A. C. F.; VIZZOTTO, V. J. Avaliação de cultivares de alface no verão para o litoral catarinense. *Agropecuária Catarinense*, v. 7, n. 1, p. 23-27, 1994.

YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; FREITAS, S. A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 2, p. 229-232, 2002.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Competição de cultivares de alface-americana no sul de Minas Gerais. *Caatinga*, v. 19, n. 1, p. 98-102, 2006.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

Implantação de uma rede de apoio planialtimétrica no Campus UERJ-Maracanã em conformidade com as NBR 13133/21

IMPLEMENTATION OF A PLANIALTIMETRIC SUPPORT NETWORK IN THE UERJ-MARACANÃ CAMPUS IN ACCORDANCE WITH NBR 13133/21

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SOPORTE PLANIALTIMÉTRICA EN EL CAMPUS DE UERJ-MARACANÃ DE ACUERDO CON NBR 13133/21

Leonardo Vieira Barbalho
Universidade Federal do Rio de Janeiro
https://orcid.org/0000-0003-2938-7934

Israel Neves Lomeus
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
https://orcid.org/0000-0002-1168-7632

Alan José Salomão Graça
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Universidade Federal do Paraná
https://orcid.org/0000-0002-0580-6746

Sérgio Orlando Antoun Netto
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
https://orcid.org/0000-0002-0490-3106

Resumo
O uso da Topografia no campo das Engenharias Cartográfica e Agrimensura, Ambiental, Civil, Florestal e na Arquitetura tem sido cada vez mais requerido, devido à necessidade de execução e implantação precisas de projetos de engenharia. Para se executar um serviço de Topografia, se faz necessário ter uma rede de informações posicionais precisas sobre o local de trabalho, nesse caso, uma rede planialtimétrica, onde tem-se informações geoespaciais tridimensionais dos marcos implantados. Este trabalho tem como objetivo a implantação de poligonal fechada e enquadrada, junto ao circuito de nivelamento trigonométrico no campus UERJ-Maracanã, em conformidade com as recomendações da NBR 13133/21, compreendendo as fases de reconhecimento e medição da rede local de apoio; cálculo da poligonal e georreferenciamento, bem como o levantamento de detalhes de interesse do levantamento de campo. Vale ressaltar que essa rede servirá de apoio as aulas de Topografia, dando uma maior vivência prática aos alunos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Topografia. Levantamento Planialtimétrico. Poligonal Topográfica. Circuito de Nivelamento. NBR 13133/21.

Abstract
The use of Surveying in the field of Geomatics Engineering, Environmental Engineering, Civil Engineering, Forest Engineering and Architecture has been increasingly required, due to the need for accurate execution and implementation of engineering projects. To perform a topographic service, it is necessary to have a precise position network about the workplace, in this case, a topographic network, where there is three-dimensional geospatial information of the implanted landmarks. This work aims to implement closed and framed polygonal, along with the Trigonometric Leveling Circuit in the UERJ-Maracanã campus, in accordance with the recommendations of NBR 13133/21, comprising the recognition and measurement phases of the local support network; traversing computations and georeferencing, as well as the surveying of details of interest to the field survey. It is noteworthy that this network will support surveying classes, giving greater practical experience to students of Rio de Janeiro State University.

Keywords: Surveying. Topographic Surveying. Closed Traversing. Trigonometric Levelling Network. NBR 13133/21.

Resumen
El uso de la Topografía en el campo de la Ingeniería Geomática, Ambiental, Civil, Forestal y Arquitectura se ha cada vez más requerido debido a la necesidad de ejecución e implementación precisas de proyectos de ingeniería. Para realizar un servicio de topografía, es necesaria una red de posición precisa sobre el lugar de trabajo, en este caso, una red planialtimétrica, donde hay información geoespacial tridimensional de los hitos implantados. Este trabajo tiene como objetivo implementar poligonal cerrada y enmarcada, junto con el circuito de nivelación trigonométrica en el campus UERJ-Maracanã, en acuerdo con las recomendaciones de NBR 13133/21, que comprenden las fases de reconocimiento y medición de la red de soporte local; Cálculo de poligonal y georreferenciación, así como la encuesta de detalles de interés para la encuesta de campo. Es de destacar que esta red apoyará clases de topografía, dando una mayor experiencia práctica a los estudiantes de la Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Palabras clave: Topografía. Levantamiento Planimétrico y Altimétrico. Poligonal Cerrada. Red de Nivelación. NBR 13133/21.

Introdução

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2021) é uma entidade privada e sem fins lucrativos responsável pela elaboração das Normas Brasileiras (NBR), elaboradas por seus Comitês Brasileiros (ABNT/CB), Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE). Em meio essas comissões, está a Comissão de Estudos de Serviços Topográficos, vinculada ao Comitê Brasileiro de Construção Civil. Os documentos técnicos gerados não substituem leis, porém em seu papel normativo, visam estabelecer procedimentos padronizados que possibilitam a execução e a fiscalização das atividades.

Na prática cotidiana da engenharia, operações que carecem de assinatura de responsabilidade técnica, têm seus procedimentos e práticas amparadas por uma norma técnica, que confere seguridade tanto ao engenheiro, quanto aos seus contratantes. No campo das engenharias, serviços de mensuração realizados em

glebas, obras civis, instalações industriais, caracterizam-se pelo emprego de métodos e instrumentos com o objetivo de coletar dados para a posterior representação. Neste entendimento, denomina-se Levantamento Topográfico o agrupamento dos métodos e processos que se utilizam das medições de ângulos (horizontais e verticais) e distâncias (horizontais, verticais, inclinadas) com os instrumentos apropriados para a implantação de pontos de controle no terreno e a determinação de suas coordenadas topográficas (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). Resumidamente como apresentam Ghilani e Wolf (2015), esse levantamento consiste em determinar a localização das feições naturais e artificiais, e a altimetria do terreno, utilizados na geração de produtos cartográficos, tais como cartas, plantas etc.

No Brasil, os levantamentos topográficos estão normatizados pela NBR 13133, atualizada em 2021 (ABNT, 2021), que fixa as condições exigíveis para a sua execução. Segundo essa norma, o levantamento topográfico é caracterizado pelo:

> "emprego de métodos para determinar as coordenadas topográficas de pontos, relacionando-os com os detalhes, visando à sua representação planimétrica em escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou com pontos cotados" (ABNT, 2021, p. 5).

O campo do saber que fornece fundamentos, conceitos, métodos, bem como as ferramentas para a práxis dos levantamentos é a Topografia. A Topografia permite a representação de uma pequena parte da superfície terrestre em uma escala apropriada, sendo feita através do levantamento topográfico que se constitui na medição de ângulos, distâncias, cotas, desníveis, a partir de um posicionamento geográfico em um determinado terreno de interesse (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). O diagrama da Figura 1 apresenta resumidamente a finalidade da Topografia. O motivo das determinações em uma porção limitada da Terra é decorrente da limitação do plano topográfico local de modo a ser possível desconsiderar os efeitos da curvatura da Terra. Vale lembrar que a Norma NBR 13133/21 considera essa superfície de referência, denominada Plano Topográfico Local como um plano de projeção limitado a 35 Km (ABNT, 2021). Esta vem a ser uma das principais superfícies de referência adotada nos levantamentos topográficos.

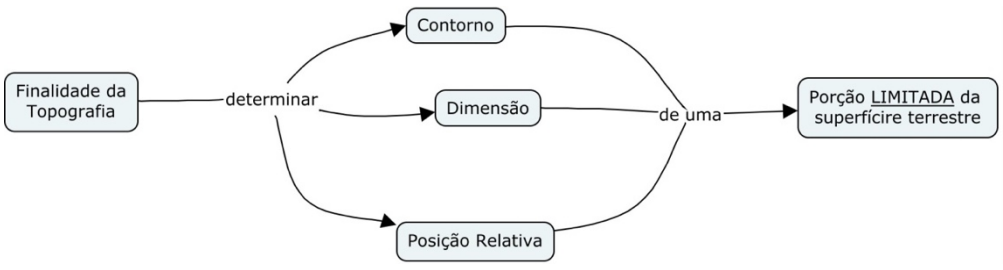


Figura 1 – Finalidade da Topografia
Fonte: Os autores (2023).

No início de qualquer obra de engenharia ou construção deve ser realizado um levantamento topográfico de controle no qual são estabelecidas as posições precisas e acuradas (com base na teoria dos erros) de todos os pontos medidos em campo a partir de uma superfície de referência (KAVANAGH; MASTIN, 2014; UREN; PRICE, 2010). Com a determinação das coordenadas desses pontos, os mesmos podem ser usados para o controle dimensional de edificações (MORAES et al., 2022; FRANÇA et al., 2021), para locações de obras (DA SILVA; FREDERICO; COSTA, 2016; SILVA et al., 2015), no monitoramento de deformações das estruturas (BANDEIRA; KLEIN; VEIGA, 2021; SAMPAIO; DALAZOANA; VEIGA, 2019), bem como na elaboração de mapas e plantas (GOPI; SATHIKUMAR; MADHU, 2018; UREN; PRICE, 2010). As redes de apoio planialtimétricas fazem parte dos levantamentos de controle, onde cada vértice da rede fornece valores de referência horizontal (planimetria) e de referência vertical (altimetria). A materialização de redes de apoio planimétricas ou planialtimétricas é uma prática normal para canteiros de obras, pois o trabalho de levantamento é bastante simplificado, e dessa forma menos erros são cometidos ao usar coordenadas retangulares para implantação e outros trabalhos dimensionais (UREN; PRICE, 2010; SCHOFIELD; BREACH, 2007).

Um dos procedimentos metodológicos empregados para a implantação de uma rede de apoio é conhecido como poligonação (TULER; SARAIVA, 2014; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012; UREN; PRICE, 2010). Esse método envolve a medição de ângulos e distâncias, que são usados para calcular as coordenadas dos pontos de controle intervisíveis materializados em campo (GHILANI; WOLF, 2015; UREN; PRICE, 2010). O produto desse método, a poligonal, consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através dessas medições de campo (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). No sentido do caminhamento de uma poligonal, além das medidas planimétricas, também podem ser coletadas observações altimétricas, estabelecendo nos vértices da própria poligonal, um circuito de nivelamento. Neste caso, um outro método eficaz que pode ser adotado para se definir a rede planialtimétrica é o nivelamento trigonométrico (GOPI; SATHIKUMAR; MADHU, 2018; TULER; SARAIVA, 2014; KAVANAGH; MASTIN, 2014).

O nivelamento trigonométrico tornou-se amplamente utilizado nos levantamentos topográficos pelo crescente emprego das estações totais nas práticas de campo. Trata-se do processo de determinação das diferenças de elevação das estações (pontos medidos) a partir de ângulos verticais ou zenitais gerados pela linha de visada ao alvo e distâncias entre os declives (ABNT, 2021; GOPI; SATHIKUMAR; MADHU, 2018; CEYLAN; BAYKAL, 2006). Semelhante ao nivelamento geométrico, a diferença de altura entre pontos de referência (ré) e pontos de viragem (vante) é calculada como a soma de várias diferenças de altura individuais obtidas de cada ocupação em campo (CEYLAN; BAYKAL, 2006). Nesse método de densificação das altitudes com uso de estação total, as distâncias entre as estações podem ser

determinadas a partir das coordenadas obtidas no levantamento (ABNT, 2021; 2022b). Nas aplicações em obras de engenharia, aplica-se o nivelamento trigonométrico para a definição de pontos cotados no terreno para a geração das plantas topográficas (TULER; SARAIVA, 2014; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). No processo de locação, onde demarcam-se as cotas definidas no projeto através das medidas de distâncias inclinadas, ângulo vertical, ângulo zenital obtidos com base na referência de nível (RN) visando o ponto a ser locado (ABNT, 2022a).

A implantação de rede de apoio nas dependências de um campus universitário, seguindo as especificações da NBR 13133 (ABNT,2021), bem como procedimentos que viabilizem trabalhos a serem realizados em conformidade com esta, e com as NBR 17058 e NBR 17082 (ABNT, 2022b), traz benefícios para além dos “muros” da Universidade, podendo assistir a projetos de engenharia que atendam a demandas da sociedade. Baseados nas discussões de Ghilani e Wolf (2015) e Veiga, Zanetti e Faggion (2012), o presente artigo apresenta uma metodologia baseada em 4 aspectos do trabalho de campo em Topografia: 1) Tomada de decisão: onde se relacionam os métodos de levantamento, equipamentos, posições ou pontos a serem levantados; 2) Trabalho de campo ou aquisição de dados: efetuam-se as medições e gravação de dados; 3) Cálculos ou processamento: elaboram-se os cálculos baseados nas medidas obtidas para a determinação de coordenadas, volumes, etc. O objetivo do artigo foi apresentar as etapas acima mencionadas e a partir dos procedimentos descritos na NBR 13133 – Execução de levantamentos topográficos – Procedimentos (ABNT, 2021), que estabelece os procedimentos a serem aplicados na execução de levantamentos topográficos e os requisitos que compatibilizam medidas angulares, lineares, desníveis e respectivas tolerâncias em função dos erros. Realizou-se o levantamento topográfico previamente planejado em gabinete, implantando a rede planialtimétrica através de um levantamento topográfico semiautomatizado (MARTINS et al., 2017; MIRANDA; VEIGA, 2016; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012), ajustar as observações adquiridas em campo, e analisar a classificação dos resultados obtidos conforme as especificações da norma. Além disso, buscou-se criar outras formas de se ter acesso na *web* aos dados dessa rede materializada pelo levantamento topográfico, produzindo como resultados os relatórios de classificação da planialtimetria e uma saída gráfica interativa em formato de mapa web do *google my maps*, acessível remotamente a *softwares* dessa *api* em campo. Esse trabalho visa atender não só a futuros levantamentos realizados no campus universitário, mas tem finalidades tanto didáticas quanto extensionistas, servindo às práticas de aulas em um bairro que apresenta quatro universidades e duas escolas técnicas, quanto para dar suporte a projetos de engenharia voltados para o bairro Maracanã, que demandam locação de obras, voos com drones para fins de *as built* a monitoramentos de deslocamento e deformações em obras civis existentes.

1 Materiais e Métodos

A Figura 2 descreve em forma de fluxograma as etapas do desenvolvimento metodológico deste trabalho. Inicialmente, realizou-se o levantamento bibliográfico sobre o assunto proposto, discutido na introdução e na metodologia, e a partir do reconhecimento da área a ser levantada no *Campus* UERJ Maracanã iniciou-se a materialização dos vértices que compõem a rede.

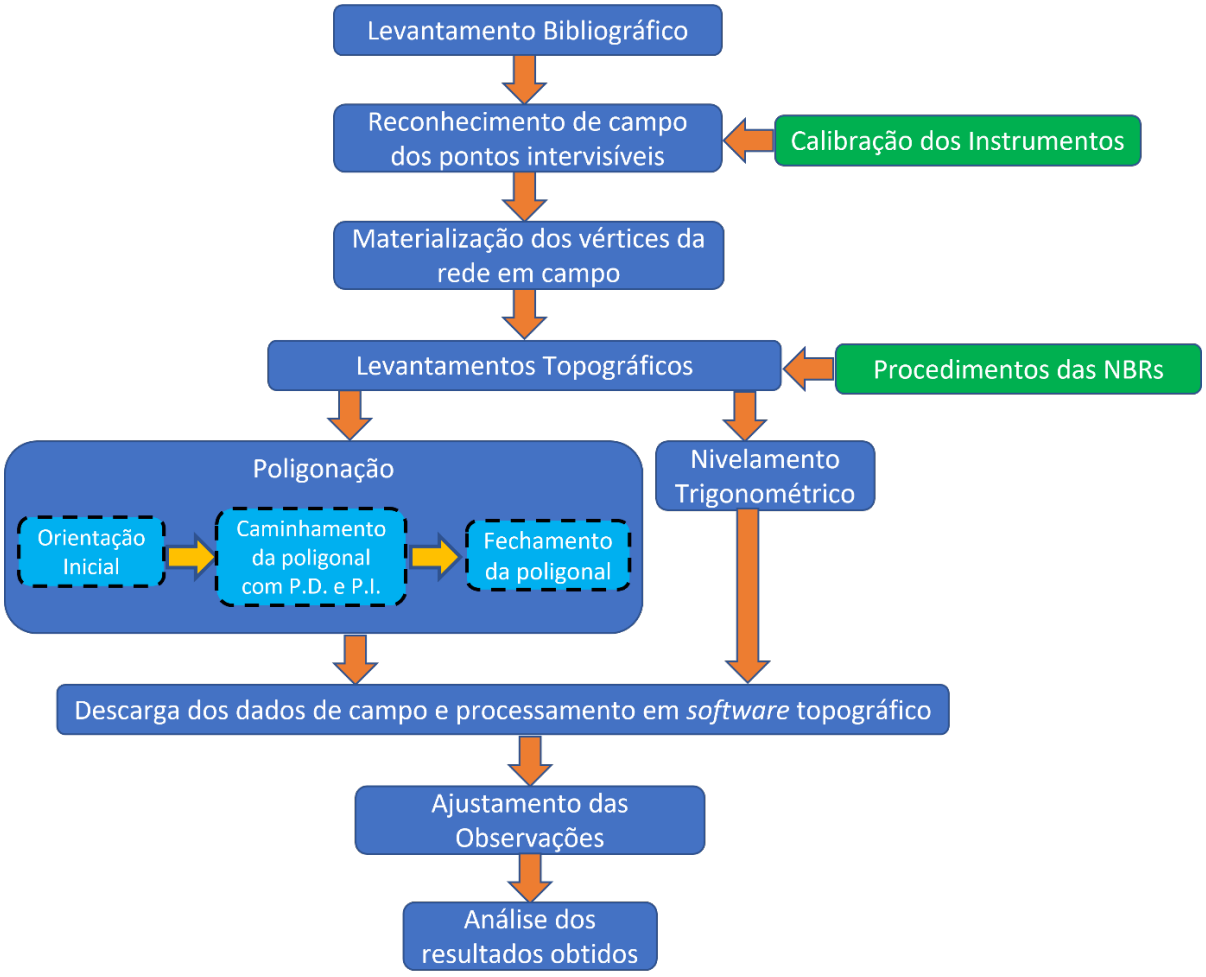


Figura 2 – Fluxograma apresentando a sequência dos procedimentos metodológicos
Fonte: Os autores (2023).

1.1 Área de estudos

O *campus* Maracanã da UERJ foi o local escolhido para a implantação dos marcos, já que as atividades práticas de topografia são majoritariamente realizadas neste local. O seu terreno possui uma área de aproximadamente 93.500 m² e 1.281m de perímetro, localizado no bairro do Maracanã, Rio de Janeiro. As coordenadas do centroide referente ao lote são E= 681050,683 m e N= 7465097,777m, e ele está localizado no fuso 23 Sul a oeste do Meridiano de Greenwich (FORTUNATO; ANTOUN NETTO; BARBALHO, 2019). A Figura 3 ilustra a localização e situação da área de estudo.

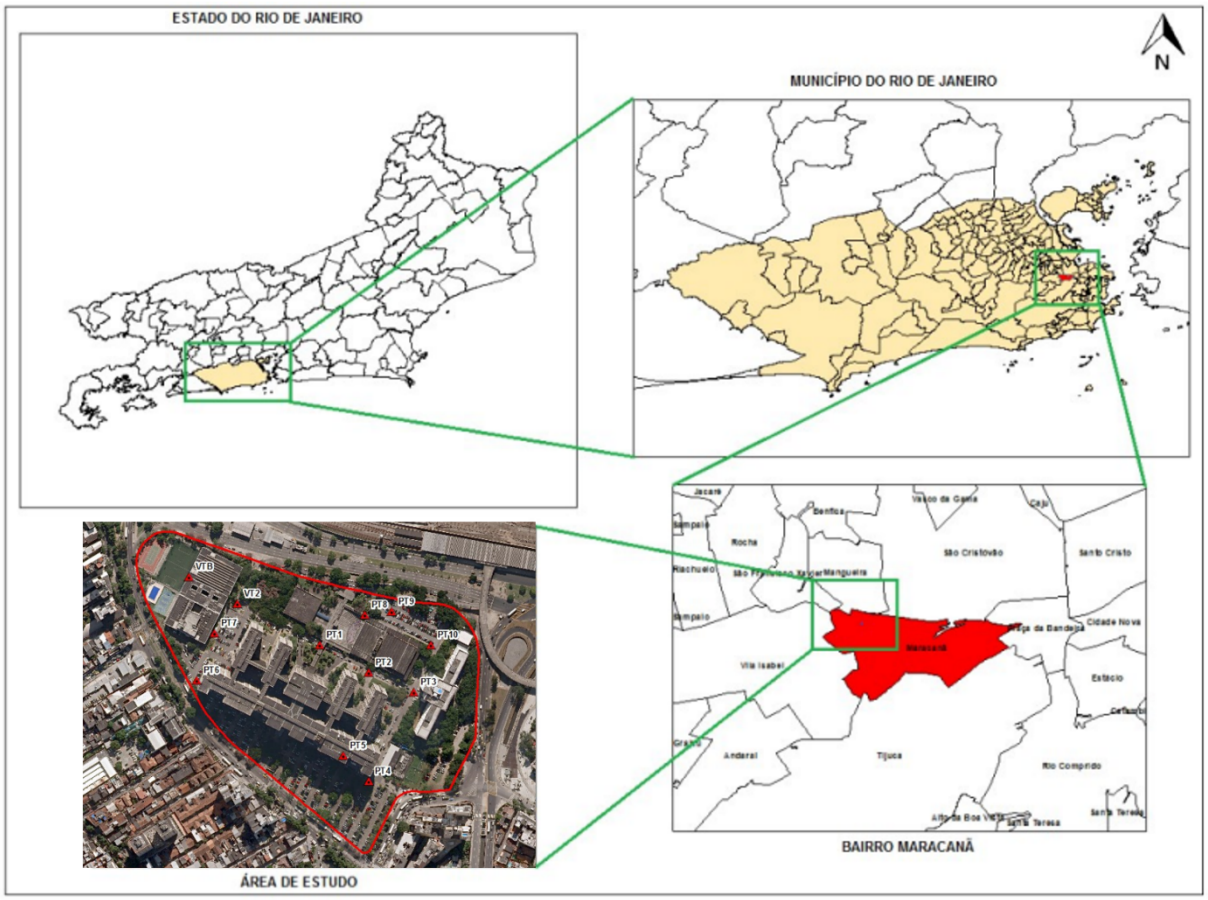


Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo
Fonte: Os autores (2023).

A área de estudo encontra-se localizada no PAA 8676 e está compreendida entre os seguintes logradouros: Rua São Francisco Xavier, Rua Radialista Waldir Amaral, Avenida Professor Manoel de Abreu, Avenida Presidente Castelo Branco. Trata-se de um local altamente dinâmico em termos de obras de engenharia, dada sua proximidade com o Estádio do Maracanã, a avenida Radial Oeste (uma das principias vias de trânsito na cidade do Rio de Janeiro) bem como o fato de tratar-se de um bairro altamente susceptível a enchentes, marcado por uma sucessão de obras hidráulicas no entorno do Rio Maracanã (PENNA et al., 2019).

A presença de escolas de formação técnica e instituições de nível superior com formação em engenharias, confere um papel didático importante a implantação da rede planialtimétrica proposta. Atividades práticas de ensino de Topografia, tanto em planimetria quanto em altimetria (NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012), carecem de vértices com coordenadas previamente determinadas e ajustadas, para a realização de irradiações, interseções, locações ou mesmo para gerar novas geometrias de apoio por poligonação e/ou circuitos de nivelamento.

1.2 Materiais Empregados

A fim de tornar exequível a metodologia proposta na Figura 2, o trabalho recorreu ao uso de equipamentos digitais para levantamentos topográficos semiautomatizados, capturando em caderneta eletrônica as observações coletadas, evitando assim erros grosseiros de anotação dos valores (VAZ; CINTRA; ALMEIDA FILHO, 2020; MIRANDA; VEIGA, 2016; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012; MEDINA; DE FREITAS, 1999). As principais ferramentas empregadas foram a estação total e posteriormente os *softwares* topográficos de ajustamentos e desenho assistido por computador. Essas soluções permitiram a otimização do tempo despendido para o levantamento em campo, bem como para o processamento dos dados registrados a fim de realizar o fechamento da poligonal e sua posterior representação (NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021; VAZ; CINTRA; ALMEIDA FILHO, 2020; CARVALHO et al., 2018).

A Estação Total utilizada neste estudo de caso foi uma TS06 Leica FlexLine, da fabricante *Leica Geosystems*, com as especificações gerais descritas na Tabela 1. Esse equipamento possui uma interação dinâmica que possibilita ao operador um controle maior quanto à centragem nas estações topográficas, observação dos desvios obtidos por conta desta ação, opções quanto às medidas a serem tomadas mediante estes erros e diminuição de erros angulares com medidas diametralmente opostas (MIȚĂ et al., 2020). O prisma utilizado na ocupação dos vértices da poligonal é do mesmo fabricante, e apresenta suas especificações listadas na Tabela 2. Esse equipamento garante um melhor retorno do sinal via reflexão especular, e sua constante (ou *offset*) foi previamente configurada com os demais parâmetros na estação total antes de iniciar as leituras (RODRÍGUEZ; VEIGA, 2019).

Especificações	Valores
Fabricante	Leica Geosystems
Modelo	Leica FlexLine TS 06
Alcance Máximo (m)	3500
Precisão Linear	±1,5mm + 2ppm
Precisão Angular (°)	5”

Tabela 1 – Especificações técnicas da estação total Leica TS06

Especificações	Valores
Fabricante	Leica Geosystems
Modelo	GPR111
Constante	0mm na estação Leica e -34.4mm para estações de outros fabricantes

Tabela 2 – Especificações técnicas do prisma

Na atualidade a instrumentação necessária para se realizar o levantamento planialtimétrico proposto no experimento desse artigo, pode ser apresentada didaticamente na Figura 4. Os procedimentos explicitados na NBR 13133, viabilizam que tanto a poligonação quanto o nivelamento trigonométrico sejam realizados por instrumentos ópticos como os teodolitos (MEDINA; DE FREITAS, 1999; BORGES, 1977), bem como por instrumentos do mais baixo grau de automação como os teodolitos eletrônicos (SILVA; FAGGION; MEDINA, 2022; UREN; PRICE, 2010), até um maior nível de automação como estações totais (SANTOS et al., 2021; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012) e estações totais robotizadas (RODRÍGUEZ; VEIGA, 2019; FERREIRA; CHAVES, 2017). Ao centro da Figura 4, está apresentado de forma genérica o que a NBR 13133 define como “instrumentos auxiliares” (ABNT, 2021, p. 12). No caso específico dos teodolitos, o emprego das miras é essencial para a prática do nivelamento trigonométrico, ao passo que nas estações totais os desníveis podem ser obtidos na pontaria realizada para o centro óptico do prisma (GOPI; SATHIKUMAR; MADHU, 2018; SCHOFIELD; BREACH, 2007). Os tripés com as bases nivelantes com prumo são essenciais nas operações de centragem e estacionamento do equipamento (FERREIRA; CHAVES, 2017; SCHOFIELD; BREACH, 2007). O bastão de prisma, devidamente de nivelado com sua bolha circular, confere a verticalidade das leituras, ao passo que também possibilita regular a altura mais adequada para as leituras de observações registradas no terreno (SANTOS et al., 2021; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

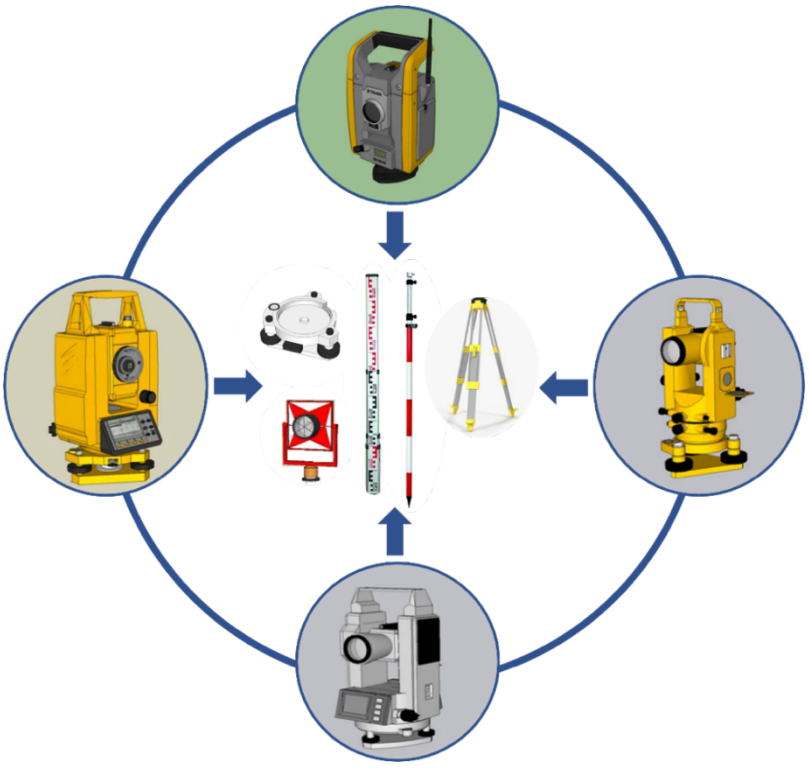


Figura 4 – Instrumentação topográfica para os levantamentos propostos, em diferentes graus de automação
Fonte: Os autores (2023).

Antes de empregar essa instrumentação em campo, é necessário que sejam feitas periodicamente, verificações, retificações, calibrações e classificações dos instrumentos, em conformidade com a NBR 13133 (SILVA; FAGGION; MEDINA, 2022; MEDINA; DE FREITAS, 1999). Essa estação utilizada nos levantamentos corresponde às especificações descritas na Tabela 1, uma vez que a mesma fora previamente calibrada por uma empresa especializada que efetuou em laboratório a retificação e a classificação instrumental em laboratório conforme as especificações de fábrica emitindo certificado de calibração com registro rastreável pelo INMETRO (NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021). O fato da UERJ não possuir em seus *campi*, uma base para a classificação angular e linear de teodolitos e estações totais (SILVA; FAGGION; MEDINA, 2022; NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021), fez com que essa operação também fosse realizada pela empresa que realizou a calibração em laboratório .

A fim de realizar o ajustamento das observações coletadas e viabilizar a posterior representação da geometria da rede planialtimétrica, adotou-se o *software* topográfico *DataGeosis*, versão acadêmica 7.16.0.0 fabricado e distribuído pela empresa *Alezi Teodolini*. Esse *software* identifica os valores da caderneta eletrônica e o formato de arquivos gerados pela estação total (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; CARVALHO et al., 2018).

A representação geométrica da rede, bem como suas especificações descritivas foram transferidas para um arquivo de mapeamento *web* no formato *.kmz*, através o aplicativo *Google My Maps* (SHOLIHAH; WIDODO, 2018). Dessa forma, espera-se uma maior portabilidade de informações para usuários que utilizam essa poligonal em levantamentos topográficos no futuro.

1.3 Metodologia do Levantamento Topográfico

Para que se pudesse fazer os devidos ajustes correspondentes às normas vigentes da NBR 13133 para os levantamentos planialtimétricos, optou-se pela realização de uma poligonal fechada (poligonal principal) e uma poligonal enquadrada (poligonal secundária), como mostra esquematicamente a Figura 5. A poligonal fechada inicia o caminhamento em um ponto com coordenadas conhecidas e retorna ao mesmo ponto ao final do caminhamento, permitindo a verificação dos erros de fechamento angular e linear (McCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2013; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). Na poligonal enquadrada também é possível a verificação dos mesmos erros, no entanto, essa difere da poligonal fechada por ter início em dois pontos de coordenadas conhecidas e terminar o caminhamento em outros dois pontos de coordenadas conhecidas distintos (CARVALHO et al., 2018; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

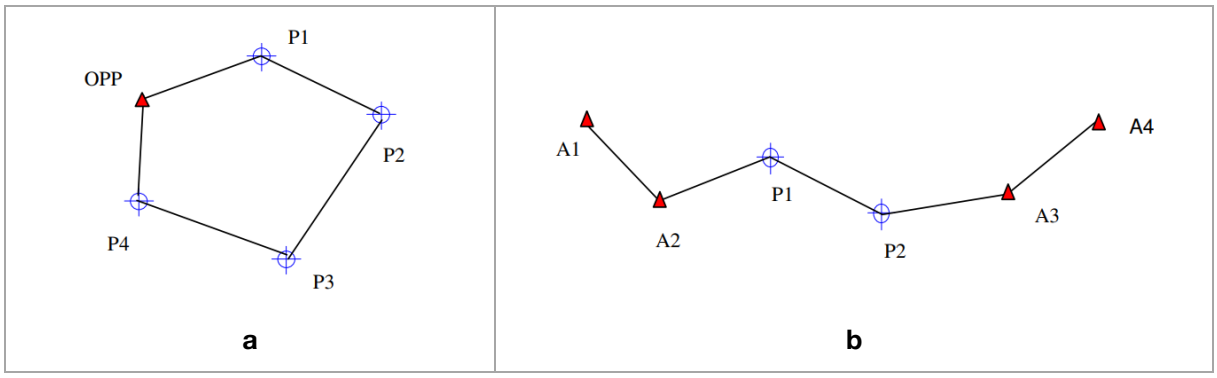


Figura 5 – Esquema didático das poligonais fechada (a) e enquadrada (b)
Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012).

A geometria da rede planialtimétrica no campus universitário (Figura 6) foi planejada em gabinete após o primeiro trabalho de campo, onde foram reconhecidos os pontos topográficos intervisíveis que possibilitavam: a materialização de vértices, e a sua posterior ocupação para viabilizar o caminhamento da poligonal. Manteve-se a preocupação de materializar alguns dos vértices (P9 e P10) em ambientes livres de obstruções (árvores, prédios etc.), o que irá possibilitar o rastreio em levantamentos por GNSS.

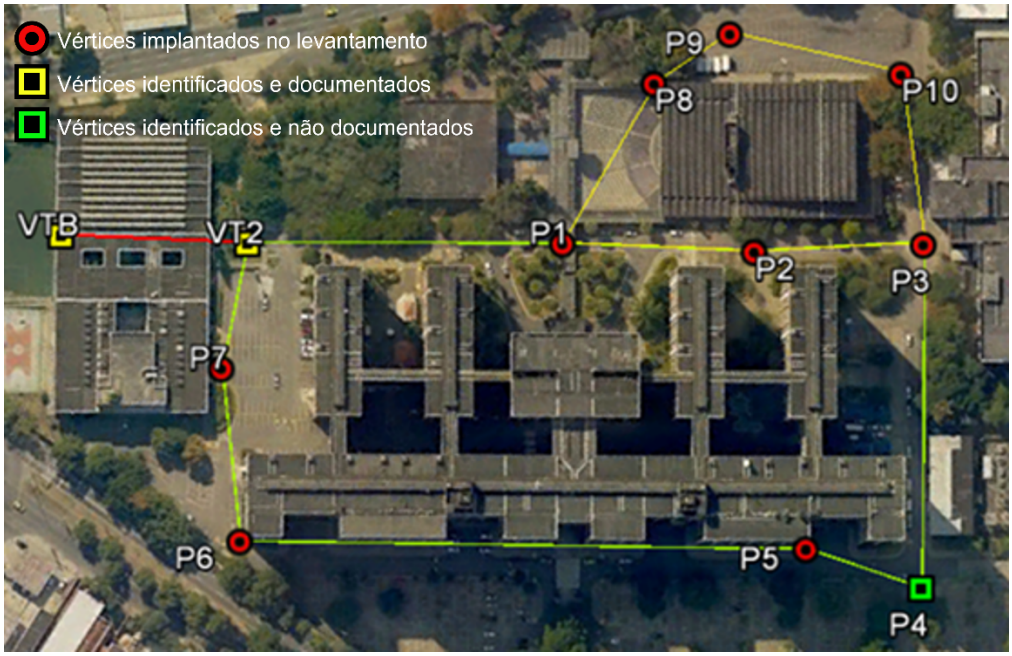


Figura 6 – Traçado das poligonais levantadas para a rede planialtimétrica
Fonte: Os autores (2023).

O traçado da poligonal principal teve início no ponto VT2, materializado por Portugal (2014), com orientação para o ponto VTB (origem dos azimutes). Ambos os vértices estão referenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) em conformidade com a NBR 14166 (ABNT, 2022c), tendo sido rastreados conforme às

especificações do IBGE (2017). Para fins de georreferenciamento, no cadastro patrimonial do *campus* Maracanã da UERJ, esses vértices utilizados no artigo de Fortunato, Antoun Netto e Barbalho (2019) foram aqui documentados em monografias (Figura 7), seguindo às especificações descritas nesse trabalho mencionado, e em Portugal (2014), com base no modelo monografia apresentado pela NBR 13133 (ABNT, 2021).

VÉRTICES DA POLIGONAL		RELATÓRIO DE CAMPO
IDENTIFICAÇÃO DO PONTO: VTB		
POLIGONAL UERJ		
RESPONSÁVEL: Caio Portugal	DATAS	MATERIALIZAÇÃO DO PONTO: 08 de Março 2014
		MEDIÇÃO TOPOGRÁFICA: 08 de Março 2014
		NIVELAMENTO GEOMÉTRICO: 08 de março 2014
COORDENADAS PLANAS		
SIRGAS 2000		
ESTE (m)	680.762,657	
NORTE (m)	7.465.357,747	
Altitude Ortométrica (m)	14,438	
Meridiano Central	45°WGr	
LOCALIZAÇÃO DO PONTO: Em frente às quadras descobertas do Complexo Esportivo da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ. Entre o ginásio poliesportivo e o restaurante.		



a

VÉRTICES DA POLIGONAL		RELATÓRIO DE CAMPO
IDENTIFICAÇÃO DO PONTO: VT2		
POLIGONAL UERJ		
RESPONSÁVEL: Caio Portugal	DATAS	MATERIALIZAÇÃO DO PONTO: 04 de Maio 2013
		MEDIÇÃO TOPOGRÁFICA: 11 de Maio 2013
		NIVELAMENTO GEOMÉTRICO: 08 de março 2014
COORDENADAS PLANAS		
SIRGAS 2000		
ESTE (m)	680.820,990	
NORTE (m)	7.465.325,580	
Altitude Ortométrica (m)	12,695	
Meridiano Central	45°WGr	
LOCALIZAÇÃO DO PONTO: Canteiro localizado em no acesso ao ginásio poliesportivo da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ.		



b

Figura 7 – Monografia dos vértices VTB (a) e VT2 (b), referenciados ao SGB.
Fonte: Os autores (2023).

Após o reconhecimento desses dois vértices e dos locais que garantem intervisibilidade (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; COELHO; CHAVES, 2015), foi realizada a materialização no campo dos vértices que irão compor a poligonal, em conformidade com a geometria proposta em gabinete, como mostrou a Figura 6. Para a poligonal principal atravessam-se uma única vez, sete marcos consecutivos (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7), finalizando o caminhamento no vértice inicial, no caso o VT2, documentado conforme a Figura 7.

Nessa geometria proposta, o objetivo da poligonal secundária foi a densificação do apoio topográfico até uma área livre das edificações mais altas do *campus*, possibilitando a realização de levantamentos com GNSS com menor interferência por multicaminho de sinais refletidos do satélite ao receptor (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; COELHO; CHAVES, 2015). No caso dessa poligonal secundária, parte-se do ponto P1 passando por P8, P9, P10 e finalizando assim, o caminhamento em P3 (Figura 6).

A implantação de novos vértices foi realizada de acordo com o procedimento de densificação dos vértices de uma rede de referência cadastral especificado na NBR 14166 (ABNT, 2022c). Foram implantados nove vértices do tipo “chapa metálica com furo central incrustada na superfície” (ABNT, 2022c, p. 9). A fixação se deu em locais estáveis (ABNT, 2021) aplicando um composto de massa epóxi entre a chapa e o furo na superfície. O vértice nomeado como P4 (Figura 6), fora identificado no trabalho de campo de reconhecimento dos pontos intervisíveis. Nessa atividade, foi realizada uma verificação da realidade física atestando a existência desse marco de concreto (BRITO FILHO et al., 2017), parcialmente soterrado com uma chapa metálica em seu topo, e dos vértices VTB e VT2 que são do tipo “pino com furo central” (ABNT, 2022c, p. 9). No caso específico de P4, não foi encontrada nenhuma documentação atestando às especificações desse vértice. A Figura 8, apresenta alguns desses vértices utilizados na rede implantada.



Figura 8 – Vértices pertencentes a rede planialtimétrica do artigo (VTB, P4, P3 e P9)
Fonte: Os autores (2023).

Para a execução das poligonais planejadas, foram propostas leituras de ângulos horizontais, no sentido horário, entre os pontos de ré e vante, além da distância inclinada entre o equipamento e o prisma posicionado sobre a marca central destes pontos, e os ângulos zenitais (correspondentes aos alvos observados). Foram consideradas também a altura entre o eixo de rotação da luneta e o ponto de centragem (altura do instrumento) e a altura do prisma. A centragem do equipamento é necessária para que haja um controle maior sobre o posicionamento relativo do eixo principal do equipamento sobre a estação topográfica, e para tanto fez-se a mesma com o uso do prumo laser presente na base nivelante da estação total (UREN; PRICE, 2010). A magnitude dos erros de centragem é explorada em Ferreira e Chaves (2017).

Com o intuito de compensar erros de leitura provocados por desvios mecânicos na estação total, como erros de calagem, de colimação horizontal e vertical, de falta de horizontalidade do eixo secundário e de excentricidade do limbo, foram realizadas de acordo com NBR 13133 as “séries de leituras conjugadas” (ABNT, 2021, p. 15), aplicando visadas recíprocas com uma pontaria direta (PD) e uma pontaria inversa (PI). Essa técnica também é conhecida na literatura como leitura de pares conjugados (NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021; MIRANDA; VEIGA, 2016).

A poligonação necessita de um sistema de orientação e posicionamento definido na sua primeira leitura para iniciar o levantamento (UREN; PRICE, 2010), utilizou-se aqui as coordenadas UTM dos pontos VT2 e VTB. Todos os valores observados ao longo desta etapa do levantamento: a altura do equipamento, a altura do prisma, os ângulos horizontais e verticais, a distância inclinada, os códigos das estações e os códigos de descrição, foram registrados na caderneta de campo eletrônica do equipamento (UREN; PRICE, 2010).

Iniciou-se o caminhamento da poligonal no marco VT2, prosseguindo para os demais marcos no sentido horário. A medição dos pontos se deu de modo que primeiro realizava-se a centragem do equipamento sobre a estação topográfica seguido do seu nivelamento e calagem. Em seguida, o sistema bastão e prisma (SANTOS et al., 2021), era centralizado sobre a estação a ré, mantendo a verticalidade do conjunto com o nível de bolha circular do bastão (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). Após a instalação destes equipamentos, foram obtidas as suas alturas. Para medir a altura da estação total, utilizou-se uma trena, estendida entre ponto e o eixo de visada do equipamento, uma vez que o mesmo não possui um medidor de distâncias eletrônico no seu prumo laser. Para se medir a altura do sistema bastão e prisma, utilizou-se o valor da marcação grafada no próprio instrumento.

Após a inicialização do sistema da estação total, deu-se início ao procedimento de orientação inicial, com a visada a ré em VTB, definido como origem dos azimutes da poligonal, onde o ângulo horizontal foi zerado no momento que o centro do retículo do equipamento alcançou o pé do bastão sobre o ponto. Posteriormente, posicionou-se o retículo da luneta no centro do prisma refletor, para a realização das medidas de distância e de ângulo zenital. Logo após foi realizada então a leitura da ré inversa,

girando-se a luneta em 180°, tanto na horizontal quanto na vertical, repetindo-se o procedimento de visada já descrito anteriormente, com a atribuição do valor de 180° para o ângulo inicial. Depois, o bastão foi deslocado até a estação de vante (P1), onde foi centrado, e realizou-se as visadas à vante e vante inversa obtendo-se os valores de ângulos horizontais, distâncias inclinadas e ângulos zenitais. Logo após, ocupou-se o vértice P1 repetindo os procedimentos anteriores, com visadas à ré no ponto VT2 e à vante no vértice P2. Repetiu-se o procedimento nos demais vértices, até o retorno ao vértice VT2, no qual a poligonal foi fechada.

Quanto a poligonal secundária, o caminhamento teve sua origem no vértice P1, com orientação a ré no vértice VT2 e visada à vante no vértice P8. Repetiu-se o procedimento nos vértices P8, P9 e P10, até chegar no Vértice P3, pertencente à poligonal principal.

A obtenção dos valores altimétricos dos desníveis, a partir da leitura do ângulo vertical gerado pela linha de visada na estação ocupada até o prisma, se deu ao longo do caminhamento em sentido horário em ambas as poligonais. Empregando o método de nivelamento trigonométrico de acordo com os procedimentos da NBR 13133 (ABNT, 2021), as observações dos ângulos verticais foram realizadas com a leitura dos pares conjugados, com a luneta na posição direta e na posição inversa. A adoção desse método para obtenção da altimetria, levou em consideração a realização de possíveis trabalhos futuros de engenharia, onde recomenda-se o nivelamento trigonométrico como método para a implantação do apoio topográfico planialtimétrico (ABNT, 2022a; ABNT, 2022b). Esse vem a ser o caso das locações de obras e controle dimensional de edificações, com procedimentos recomendados pela NBR 17058 (ABNT, 2022a), bem como as locações de obras de terraplanagem, especificadas pela NBR 17082 (ABNT, 2022b).

1.4 Ajustamentos das observações obtidas nos levantamentos

Com base na teoria dos erros (SILVA; SEGANTINE, 2015), manteve-se a preocupação durante todo o levantamento de minimizar e evitar a ocorrência erros grosseiros (MEDINA; DE FREITAS, 1999). Os métodos de ajustamentos empregados aqui, destinam-se a obter de forma acurada os valores das observações angulares, lineares e desníveis.

Para a correção do erro altimétrico total obtido no levantamento foi utilizado um método de proporcionalidade, de modo que, o ajuste no desnível seria proporcional à distância de visada. Dessa forma, foi gerado um fator de correção relativo à correção altimétrica por extensão de leitura, que por sua vez, foi multiplicado pela distância de leitura, gerando dessa forma, a correção relativa a cada trecho. Subsequentemente, esta correção fora subtraída do valor de desnível altimétrico original para se chegar ao desnível final corrigido e um somatório total de desníveis igual a zero. Para esse método, aplicam-se às equações de 1 a 3.

$$\tan \alpha = \frac{Dv}{Dh} \quad \textbf{(1)}$$

$$DN = Dv + i - a \quad \textbf{(2)}$$

$$DN = Dh \times \tan \alpha + i - a \quad \textbf{(3)}$$

Onde α é o ângulo de inclinação do terreno; Dn, a diferença de nível; Dv, distância vertical; Dh, a distância horizontal; *i*, a altura do instrumento e *a*, a altura do prisma.

Um método alternativo de cálculo eletrônico da poligonação que é apresentado com mais frequência nas publicações didáticas sobre Topografia, e recomendado nos procedimentos da NBR 13133, é denominado Regra da Bússola (*compass rule*) ou Método de Bowditch (ABNT, 2021; GHILANI; WOLF, 2015; McCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2013). Este método baseia-se na suposição de que a qualidade das medições lineares de distância e angulares é aproximadamente a mesma, supondo-se que os erros no trabalho são acidentais e, portanto, que o erro total em um determinado lado da poligonal fechada é diretamente proporcional ao seu comprimento (McCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2013). Admite-se que o deslocamento de cada ponto é paralelo ao vetor de erro e é proporcional às distâncias totais dos pontos desde a origem da poligonal (AMINI; MEHRDAD, 2020). A distribuição do erro angular se dá igualmente entre os vértices da poligonal (CARVALHO et al., 2011). Portanto, o ajuste aplicado a cada uma das coordenadas E (Leste) e N (Norte) (AMINI; MEHRDAD, 2020). O método de Bowditch é um método mundialmente usado, porém não é um método rigoroso de ajustamento, como o Método dos Mínimos Quadrados (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; CARVALHO et al., 2011). Experimentos como os de Amini e Mehrdad (2020) e Carvalho et al. (2011) mostram que as discrepâncias entre os dois métodos, para experimentos semelhantes ao desse artigo, estão na ordem de poucos milímetros.

Os itens a seguir, mostram como o Método de Bowditch foi aplicado para o ajustamento das poligonais.

1.4.1 CALCULAR O FECHAMENTO ANGULAR E DE SUA DISTRIBUIÇÃO

O somatório dos ângulos horários (α_e) de um polígono é dado pela Equação 4:

$$\sum \alpha_e = (n+2)\times 180° \quad \textbf{(4)}$$

onde n é o número de estações da poligonal. O erro angular (e_a) cometido será conhecido através da expressão da Equação 5:

$$e_a = \sum \alpha_m \text{ -(n±2)×180°} \quad \textbf{(5)}$$

Em seguida verifica-se a tolerância angular (ϵ_a), que pode ser entendida como o erro angular máximo admissível para uma determinada classe de poligonal. Nos procedimentos da NBR 13133 recomenda-se a utilização da Equação 6 para as aplicações topográficas em geral.

$$\epsilon_a = \text{b} \times \sqrt{n} \quad \textbf{(6)}$$

onde b corresponde a precisão nominal angular de acordo com as diversas classes de poligonal. Se o erro cometido for igual ou menor à tolerância angular, faz-se a distribuição desse erro entre as medidas angulares, podendo-se utilizar a Equação 7 para calcular o valor das correções a serem aplicadas em cada ângulo medido.

$$C_a = \text{ -} \left(\frac{\epsilon_a}{n}\right) \quad \textbf{(7)}$$

1.4.2 CALCULAR OS AZIMUTES DE TODOS OS ALINHAMENTOS

Para o cálculo dos azimutes, a expressão geral é dada pela Equação 8.

$$AZ_{n\to n+1} = (AZ_{n-1\to n} + \alpha) \pm 180° \text{ (ou -540°)}, \quad \textbf{(8)}$$

sendo: α, o ângulo horizontal medido; +180°, se a soma entre parênteses for inferior a 180º; –180°, se a soma entre parênteses for superior a 180º e inferior a 540º; –540°, se a soma entre parênteses for maior que 540°.

1.4.3 CALCULAR COORDENADAS RELATIVAS (NÃO CORRIGIDAS)

O cálculo das coordenadas relativas faz a relação entre os ângulos corrigidos e a distância dos alinhamentos que foram medidos em campo (TULER; SARAIVA, 2014). As coordenadas relativas de um alinhamento $1 \to 2$ são dadas pelas projeções (x e Δ) dos alinhamentos nos eixos E(x) e N(y) de coordenadas (CARVALHO et al., 2011). Utiliza-se o princípio da trigonometria clássica, através das relações expressas nas equações 9 e 10:

$$x_{1\to2} = d_{1\to2} \times \sin Az_{1\to2} \quad \textbf{(9)}$$

$$y_{1\to2} = d_{1\to2} \times \cos Az_{1\to2} \quad \textbf{(10)}$$

Os sinais são considerados, pois indicarão em qual quadrante estará o ponto.

1.4.4 CALCULAR O ERRO DE FECHAMENTO LINEAR E DE SUA DISTRIBUIÇÃO

O erro linear ou planimétrico é aquele decorrente de imprecisões na medida das distâncias, já que os ângulos já sofreram os devidos ajustes (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018). O seu cálculo consiste em duas partes, sendo a primeira a determinação do erro linear em si, onde emprega-se as seguintes expressões (equações 11 a 13):

$$E_l = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad \textbf{(11)}$$

$$e_x = |\sum x_+| - |\sum x_-| \quad \textbf{(12)}$$

$$e_y = |\sum y_+| - |\sum y_-| \quad \textbf{(13)}$$

onde, E_l é o erro de fechamento linear; $\sum x_+$ e $\sum x_-$ são os somatórios dos valores das abscissas (positivas e negativas, respectivamente); e e_x é o erro de fechamento nas abscissas; $\sum y_+$ e $\sum y_-$ são os somatórios dos valores das ordenadas (positivas e negativas, respectivamente); e e_y é o erro de fechamento nas ordenadas.

A segunda parte mencionada corresponde a análise segundo a tolerância linear. Deve-se analisar o erro, verificando se ele é admissível através da tolerância linear (T). Essa tolerância pode ser entendida como o erro linear máximo admissível para uma determinada classe de poligonal, conforme a Equação 14.

$$T = \mathrm{d} \times \sqrt{L}(\mathrm{km}) \quad \textbf{(14)}$$

onde d é a precisão linear em metros por quilômetro, definido pelas diferentes classes da poligonal como propõe a NBR 13133 (ABNT, 2021).

1.4.5 CALCULAR AS COORDENADAS RELATIVAS (CORRIGIDAS)

As correções efetuadas para esse cálculo são proporcionais às distâncias entre os pontos da poligonal. Assim, quanto maior a distância, maior será a correção aplicada (CARVALHO et al., 2011). Será aplicada uma correção para cada abscissa e cada ordenada, da forma como é possível observar nas equações 15 e 16.

$$C_{x_n} = -e_x \times \frac{d_{n-1 \to n}}{L} \quad \textbf{(15)}$$

$$C_{y_n} = -e_y \times \frac{d_{n-1 \to n}}{L} \quad \textbf{(16)}$$

onde C_{x_n} é a correção para a coordenada relativa x_n; C_{y_n} é a correção para a coordenada relativa y_n; L é o perímetro da poligonal, em metros; e $d_{n-1 \to n}$ é a distância entre o ponto e seu antecessor. Na expressão, sinal da correção é o oposto ao sinal do erro cometido.

Para efetuar o cálculo das coordenadas relativas corrigidas, utiliza-se as equações 17 e 18.

$$x_{n_{Corrigida}} = x_n + C_{x_n} \quad \textbf{(17)}$$

$$y_{n_{Corrigida}} = y_n + C_{y_n} \quad \textbf{(18)}$$

1.4.6 CALCULAR AS COORDENADAS ABSOLUTAS

Finalizando o cálculo da poligonal, deve-se gerar as coordenadas finais ou absolutas. Essa coordenadas servirão de base para a realização de futuros levantamentos e representações geradas com base nessa rede de apoio. As equações 19 e 20 permitem o cálculo dessas coordenadas absolutas.

$$X_{n+1} = X_n + x_{n+1} \quad \textbf{(19)}$$

$$Y_{n+1} = Y_n + y_{n+1} \quad \textbf{(20)}$$

onde x_{n+1} e y_{n+1} são as coordenadas relativas já corrigidas.

2 Geração dos Resultados e Discussões

Todos os resultados obtidos foram calculados e corrigidos de acordo com a NBR 13133 (ABNT, 2021). Os dados de campo foram descarregados na versão educacional do *software DataGeosis*, que cria uma caderneta eletrônica de campo exibindo as medições realizadas (ângulos e distâncias) na mesma sequência da caderneta eletrônica da estação total. A partir de então foram feitos os cálculos da poligonal. Conforme a NBR 13133, criou-se um Plano Topográfico Local como superfície de referência, com a origem no vértice VT2, do qual atribuíram-se as coordenadas X=150.000m e Y=250.000m. Todos os cálculos de fechamento, ajustamentos e coordenadas foram executados neste referencial, sendo as coordenadas em valores de azimute, convertidas para o sistema da Projeção

Universal Transversa de Mercator (UTM), Fuso 23, Hemisfério Sul e Meridiano Central 45° W Gr.

Os cálculos realizados com auxílio do *software DataGeosis*, empregaram às fórmulas apresentadas na metodologia. Nas tabelas 3 e 4 são apresentados, respectivamente, os resultados obtidos após os ajustamentos da poligonal principal. Foram estimados na Tabela 3 os valores do: erro angular considerando a tolerância, os valores em metros do erro linear, erro na coordenada N e na coordenada E; o erro altimétrico considerando a tolerância; a precisão linear relativa, frente a tolerância mínima; o perímetro percorrido pelo caminhamento. Os valores absolutos obtidos para posições x, y, z de cada vértice da poligonal fechada são apresentados na Tabela 4.

Componentes	Restultados
Erro Angular	-36” Tolerância (Classe PP): ±52”
Erro Linear	0,052 m
Erro em N	-0,020m
Erro em E	-0,048m
Erro Altimétrico	-0,002m Tolerância (Classe IIN): ±0,16m
Precisão Linear Relativa	-36” Tolerância (Classe PP): ±52”
Perímetro Percorrido	710,676m

Tabela 3 – Resultados dos ajustamentos da poligonal principal segundo a NBR 13133

Vértice	Direção	N (m)	E (m)	H (m)
VT2	VT2-P1	7465325,580	680820,989	13,406
P1	P1-P2	7465275,062	680921,422	12,615
P2	P2-P3	7465242,346	680980,673	9,446
P3	P3-P4	7465218,089	681035,651	10,277
P4	P4-P5	7465110,697	680980,233	11,142
P5	P5-P6	7465141,289	680950,023	10,881
P6	P6-P7	7465232,186	680772,000	13,009
P7	P7-VT2	7465289,736	680793,159	36,600

Tabela 4 – Dados da poligonal principal ajustada

De forma semelhante a poligonal fechada, os valores das mesmas componentes foram obtidos para a poligonal enquadrada, como mostra a Tabela 5. Na Tabela 6, são apresentados os valores das coordenadas tridimensionais de cada vértice dessa poligonal secundária.

Componentes	Restultados
Erro Angular	-15” Tolerância (Classe PP): ±43”
Erro Linear	0,021m
Erro em N	-0,008m
Erro em E	-0,019 m
Erro Altimétrico	-0,026m Tolerância (Classe IIN): ±0,10m
Precisão Linear Relativa	1:14.114 Tolerância mínima – 1:12.000
Perímetro Percorrido	282,257m

Tabela 5 – Resultados dos ajustamentos da poligonal secundária segundo a NBR 13133

Vértice	Direção	N (m)	E (m)	H (m)
P1	P1-P8	7465311,771	680975,951	13,380
P8	P8-P9	7465315,808	681008,247	10,683
P9	P9-P10	7465275,742	681056,357	9,518
P10	P10-P3	7465218,089	681035,651	9,446
P3	P5-P6	7465242,346	680980,673	12,615

Tabela 6 – Dados da poligonal secundária ajustada

Na Tabela 7 serão apresentados, o produto de classificação após todo o ajustamento realizado, o enquadramento planimétrico e altimétrico das poligonais principal e secundária, segundo a NBR13133 (ABNT, 2021). Embora as duas poligonais tenham precisões equivalente à classe PP (poligonais principais), como alguns alinhamentos não atendem ao lado mínimo recomendado (100 metros), ambas foram classificadas como PS (poligonais secundárias). O nivelamento trigonométrico classificado como II N em ambas, cumpre com as finalidades altimetria para poligonal secundária, possibilitando novas densificações de pontos altimétricos e locações de obras de engenharia a partir dessa rede.

Poligonal	Classe Planimetria	Classe Altimetria
Principal	PS	II N
Secundária	PS	II N

Tabela 7 – Enquadramento planimétrico e altimétrico segundo a NBR 13133

Um dos produtos planejados ao longo do trabalho, foi a disponibilização destes resultados em uma plataforma de mapeamento livre, intuitiva e gratuita. De forma que os dados da rede planialtimétrica ficassem acessíveis de maneira rápida e fácil por

alunos, docentes e profissionais de topografia durante seus trabalhos de campo na região. Dessa maneira, a plataforma escolhida foi a *api Google My Maps,* uma ferramenta de aprendizagem educativa da *Google*, que possibilita a inserção de dados colaborativos, e explora recursos do *Google Maps* e do *Google Earth* (SHOLIHAH; WIDODO, 2018). Nela os dados fornecidos por esse experimento ficam disponíveis de forma rápida e gratuita, tanto em computadores pessoais quanto em dispositivos móveis (Figura 9).

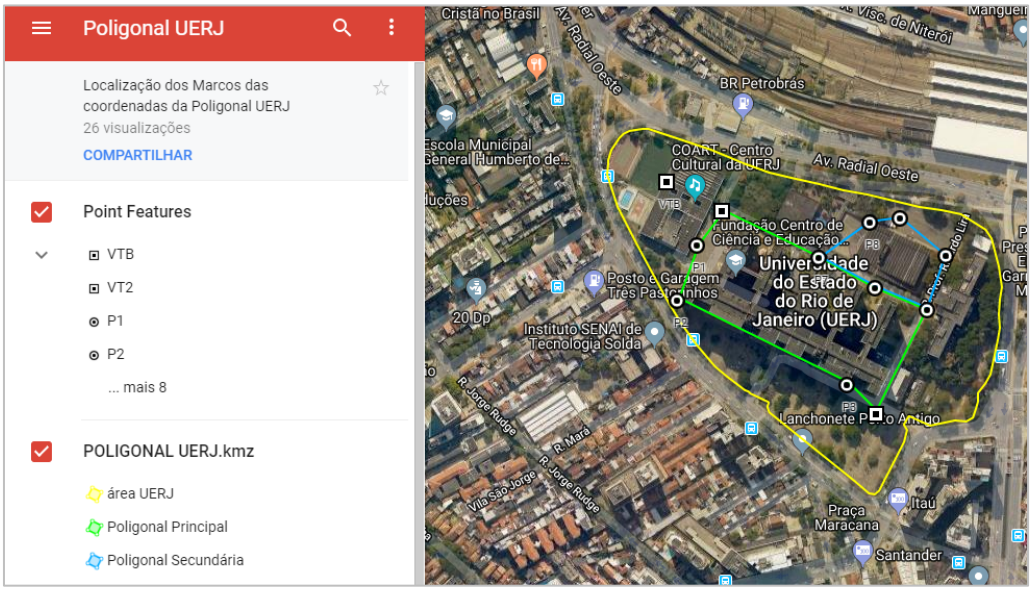


Figura 9 – Mapa *web* rede de apoio gerado no serviço *Google My Maps*
Fonte: Os autores (2023).

Considerações Finais

A proposta do artigo buscou aplicar uma metodologia normatizada para auxiliar trabalhos com fins didáticos e aplicados no campo da engenharia, que careçam de um apoio topográfico planialtimétrico. A materialização dos marcos topográficos foi realizada com sucesso, de modo que não houve qualquer dano aparente aos mesmos até o presente momento, reaproveitando produtos de levantamentos anteriores, e os documentando devidamente como sugere a nova versão da NBR 13133 (ABNT, 2021). Os levantamentos topográficos aqui propostos foram bem-sucedidos no que diz respeito às capturas dos dados necessários para a conclusão dos objetivos propostos.

Como todos os cálculos e parâmetros seguiram os procedimentos da NBR 13133/2021 pode-se depreender que: há duas classes de poligonais planimétricas, considerando-se, as finalidades do levantamento topográfico e a acurácia necessária a cada finalidade; a classe de poligonação planimétrica obtida foi a PP (Poligonal Principal), que corrobora com o objetivo do trabalho; e quanto a altimetria, no que se

refere às três classes de nivelamento de linhas ou circuitos e seções apresentadas na norma empregada, a classe de nivelamento obtida foi a II N, que utiliza o método de Nivelamento Trigonométrico para a determinação de altitudes (ou cotas) em poligonal principal.

No contexto do ensino técnico e de graduação, essa poligonal poderá ser usada como apoio a outros levantamentos com fins didáticos, base para futuros trabalhos de conclusão de curso, artigos etc. Principalmente, o apoio às aulas de Topografia para engenharias Cartográfica e Agrimensura, Civil, Ambiental, bem como a outros cursos careçam de atividades práticas nas imediações do Maracanã, que foi um grande motivador desse trabalho. Espera-se que os alunos e professores façam uso deste trabalho, e densifiquem a rede obtida através de novas poligonais, implementando mais pontos por visadas ou mesmo aplicando a integração com técnicas de rastreamento, e criticando assim os resultados gerados.

No contexto das ciências geodésicas, o trabalho não está isento de limitações metodológicas e instrumentais. Alguns resultados podem ser melhorados, como por exemplo, na obtenção de um maior rigor nos levantamentos altimétricos. Usando para tanto, propagações de valores altimétricos a partir da rede geodésica do SGB, com métodos de levantamento mais precisos como nivelamento geométrico, ou nivelamento trigonométrico por *Leap-Frog*. O emprego de equipamentos como estações totais com maior precisão angular (1” ou 2”, por exemplo), com sistemas de servomotores ou robotizados para a leitura dos pares conjugados, juntamente com a adoção de níveis digitais que registrem valores nos décimos de milímetro, traz perspectivas de que essas precisões instrumentais possam auxiliar na obtenção de uma maior acurácia ao final dos levantamentos.

Como sugestões de trabalhos a serem executados a partir da execução desta rede de apoio são o levantamento cadastral da área da UERJ, a implantação de novas poligonais apoiadas, a execução de voos com aeronaves remotamente que pilotadas que fação uso dos pontos de controle da rede, trabalhos de locação apoiados nessa rede, comparações com outros métodos de levantamentos e ajustamentos, dentre outros. A Topografia possui uma infinidade de aplicações, e a vivência com a realidade torna o conhecimento mais fácil e melhor para o aprendizado. E tornar essa experiência o mais próximo da realidade é o sonho de cada aluno, professor e profissional atuante nesse campo.

Referências

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 13133*: Execução do levantamento topográfico – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 17058*: Locação topográfica e controle dimensional de edificação – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022a.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 17082*: Locação topográfica de obras de terraplanagem – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022b.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 14166*: Rede de referência cadastral municipal – Requisitos e procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022c.

AMINI, H.; MEHRDAD, S. Accuracy Assessment of Different Error Adjustment Methods in Closed Traverse Networks: Studying the Impact of Different Observation Error Setups in Different Geometrical Configurations. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, v. 43, p. 519-525, 2020. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-519-2020.

BANDEIRA, A. L.; KLEIN, I.; VEIGA, L. A. K. O Papel das Covariâncias na Análise de Deformação Aplicada ao Monitoramento Geodésico de Estruturas. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, n. 3, pp. 722-735, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n3-57873.

BARBALHO, L. V.; SALOMÃO GRAÇA, A. J.; ANTOUN NETTO, S. O. Levantamentos terrestres aplicados ao parcelamento do solo urbano: um estudo de caso em Bangu, Rio de Janeiro–RJ. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 6, n. 3, p. 241-271, 2018. DOI: 10.3895/rbgeo.v6n3.5760.

BORGES, A. C. *Topografia*: Aplicada a engenharia civil – volume 1. 2 ed. São Paulo: Blucher, 1977.

BRITO FILHO, A.; ROCHA, C. H. O.; SAMPAIO, L. O. R.; MOTTA, R. C. O.; PINHEIRO, W. A. Contribuições das engenharias cartográfica e de agrimensura em uma empresa de geração e transmissão de energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27., 2017, Rio de Janeiro. *Anais*… Rio de Janeiro: SBC, 2017. p. 254–261.

CARVALHO, A. S., RODRIGUES, D. D., COSTA, M. F., & DE ARAUJO NETO, J. O. Utilização da Regra de Compass ou Método de Bowditch e do MMQ no Ajuste de Poligonal Topográfica. *Revista Agrogeoambiental*, v. 3, n. 1., p. 41-51, 2011. DOI: 10.18406/2316-1817v3n12011300

CARVALHO, R. de B.; DE MELO, P. L. da S.; BAHIA, J. G.; BARBOSA, L. G. Análise da qualidade geométrica interna de uma poligonal enquadrada utilizando o modelo de ajustamento paramétrico injuncionado e o ajustamento livre. Revista Brasileira de Cartografia, v. 70, n. 2, p. 629–664, 2018. DOI: 10.14393/rbcv70n2-45401.

CEYLAN, A.; BAYKAL, O. Precise height determination using leap-frog trigonometric leveling. *Journal of Surveying Engineering*, v. 132, n. 3, p. 118-123, 2006. DOI:

COELHO, L. A. N.; CHAVES, J. C. Precisão na determinação das coordenadas dos vértices de imóveis urbanos. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 2, p. 287-305, 2015. DOI: 10.14393/rbcv67n2-44662.

DA SILVA, D. C.; FREDERICO, L. N. S.; COSTA, G. C. Cálculo aproximado de fator de escala UTM para uso direto em estações totais. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 4, n. 1, pp. 59-67, 2016. DOI: 10.3895/rbgeo.v4n1.5478.

FERREIRA, N. R. A.; CHAVES, J. C. Análise da acurácia de observações com uma estação total robótica em ensaio controlado de deslocamento. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 7, p. 1277-1286, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n7-43988.

FORTUNATO, B. Q.; ANTOUN NETTO, S. O.; BARBALHO, L. V. Levantamento topográfico do campus UERJ Maracanã para regularização patrimonial. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 7, n. 2, p. 115-129, 2019. DOI: 10.3895/rbgeo.v7n2.8827.

FRANÇA, L. L. S.; SEIXAS, A. de; GAMA, L. F.; MORAES, J. N. de. Optimized Determination of 3D Coordinates in the Survey of Inaccessible Points of Buildings-Example of Application Implemented in Free Software. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 27, n. 2, p. 1-20, 2021. DOI: 10.1590/1982-2170-2020-0057.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. *Elementary Surveying*. 14 ed. Boston: Pearson, 2015.

GOPI, S.; SATHIKUMAR, R.; MADHU, N. *Advanced Surveying: Total Station, GPS, GIS and Remote Sensing*. 2 ed. Uttar Pradesh: Pearson India Education, 2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

KAVANAGH, B. F.; MASTIN, T. B. *Surveying*: Principles and Applications. 9 ed. Boston: Pearson, 2014.

MARTINS, V.; NEDEL, É. C.; BARATTO, P. F. B.; BACURI, A. P. D. S. C.; OLIVEIRA, M. J. Comparação entre Coordenadas Topográficas obtidas a partir de Modelos Distintos de Estações Totais. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 9, n. 2, 2017.

McCORMAC, J.; SARASUA, W.; DAVIS, W. J. *Surveying*. 6 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

MEDINA, A. S.; DE FREITAS, S. R. C. Eliminação de erros grosseiros na aplicação de procedimentos estabelecidos pela norma NBR 13133. In: CONGRESSO BRASILEIRO

DE CARTOGRAFIA, 19., 1999, Rio de Janeiro. *Anais*… Rio de Janeiro: SBC, 1999. p. 254–261.

MIRANDA, F. das D. A.; VEIGA, L. A. K. Sistema Semi-Automatizado para Monitoramento Topográfico. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 4, n. 1, p. 15-21, 2016. DOI: 10.3895/rbgeo.v4n1.5466.

MIȚĂ, R.; SIMON, M.; COPĂCEAN, L.; ȘMULEAC, A.; HERBEI, M. V.; POPESCU, G. Using geographical information systems in order to achieve the urban cadastre in the subcetate neighborhood of arad with the help of modern technologies. *Research Journal of Agricultural Science*, v. 52, n. 4, 2020.

MORAES, J. N. de; SEIXAS, A. de; GARNÉS, S. J. dos A.; GAMA, L. F.; FRANÇA, L. L. S. de. Definition of Reference Vertices using the Terrestrial Methods of Planialtimetric Measurement with Total Station (MTMs) and GNSS Positioning. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 12, p. e07111233573, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i12.33573.

NUNES, V. K.; DE OLIVEIRA, M. J.; DA SILVEIRA, L. N. Implantação de uma rede de aferição de equipamentos geodésicos e topográficos. *Revista Liberato*, v. 22, n. 38, p. 201-214, 2021. DOI: 10.31514/rliberato. v. 22, n. 38, p. 201.

PENNA, L.; RIBEIRO, F.; ROCHA, C.; FILHO, A. A utilização de reservatórios no amortecimento de vazões de cheia: apresentação e discussão de casos do sudeste brasileiro. *GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, v. 16, p. 275-295, 2019.

PORTUGAL, C. F. *Levantamento topográfico cadastral para apoio aos estudos das sombras incidentes sobre o complexo esportivo da UERJ Maracanã*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Cartográfica) – Câmpus Maracanã, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

RODRÍGUEZ, F. A. C.; VEIGA, L. A. K. Desenvolvimento de Interface para Automação da Coleta de Temperatura Baseada em Redes Multiestação Aplicada ao Monitoramento de Estruturas Empregando-se Estações Totais. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 71, n. 3, p. 781-805, 2019. DOI: 10.14393/rbcv71n3-48782.

SAMPAIO, L. F.; DALAZOANA, R.; VEIGA, L. A. K. Seleção de pontos-objeto visando o monitoramento de estruturas a partir da propagação de erros por simulação. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 71, n. 2, p. 570-597, 2019. DOI: 10.14393/rbcv71n2-47891.

SANTOS, C. M. R. dos; SEIXAS, A. de; GARNÉS, S. J. dos A.; PÓVOAS, Y. V. A Medição e Análise de Prumagem e Planeza na Construção de Fachadas e Pisos/Lajes

de Edifícios. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, n. 2, p. 340–358, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n2-55099.

SCHOFIELD, W.; BREACH, M. *Engineering Surveying*. 6 ed. Amsterdam: Elsevier, 2007.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. *Topografia para Engenharia*: Teoria e prática de Geomática. 1. ed. São Paulo: Editora Elsevier, 2015.

SILVA, J. S.; FAGGION, P. L.; MEDINA, A. S. Implantação de uma Base de Classificação da Componente Angular de Estações Totais e Teodolitos em Laboratório com Uso de Colimadores. RBC. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 74, n. 1, p. 34-49, 2022. DOI: 10.14393/rbcv74n1-61571.

SILVA, G. P. da; DE SEIXAS, A.; GARNÉS, S. J. dos A.; ROMÃO, V. M. C. Definição do Sistema de Referência para a Locação de Edificações Prediais - Área Experimental: Bairro da Madalena, Recife - PE. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 2, pp. 445-463, 2015. DOI: 10.14393/rbcv67n2-44672.

SHOLIHAH, A. B.; WIDODO, J. Blended Learning in Heritage Conservation Course: Cultural Mapping and Google My-Maps Platform. *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, v. 45, n. 2, p. 181-188, 2018. DOI: 10.9744/dimensi.45.2.181-188

TULER, M.; SARAIVA, S. *Fundamentos de Topografia*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

UREN, J.; PRICE, B. *Surveying for engineers*. 5 ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2010.

VAZ, J. A.; CINTRA, J. P.; ALMEIDA FILHO, F. G. V. de. A Evolução do Ensino de Topografia e Áreas Afins na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. Especial 50 anos, p. 1051–1068, 2020. DOI: 10.14393/rbcv72nespecial50anos-56477.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. *Fundamentos de topografia*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012. Disponível em: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

Efeito da sílica ativa e da nanossílica em materiais cimentícios - uma revisão da literatura para futuras pesquisas

EFFECT OF SILICA FUME AND NANOSILICA ON CEMENTITIOUS MATERIALS - A LITERATURE REVIEW FOR FUTURE RESEARCH

EFECTO DEL HUMO DE SÍLICE Y NANOSÍLICE EN MATERIALES CEMENTOSOS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Me. Ana Paula de Oliveira
Universidade Federal de Goiás
oliveira.ape@gmail.com

Dra. Andrielli Morais de Oliveira
Universidade Federal de Goiás
andriellimorais@ufg.br

Dr. Oswaldo Cascudo
Universidade Federal de Goiás
ocascudo@ufg.br

Resumo

Pesquisas vêm sendo realizadas destacando que a sílica ativa e nanossílica contribuem com efeito positivo no desempenho e na durabilidade de estruturas de concreto, especialmente quando situadas em ambientes agressivos. Entretanto, o uso combinado dessas duas adições minerais em misturas ternárias é menos estudado. Neste sentido, o presente artigo realizou uma extensa revisão da literatura, baseada principalmente em resultados dos anos de 2015 a 2020, de pesquisas em concretos, pastas e argamassas que utilizaram simultaneamente sílica ativa e nanossílica. Para tanto, foi realizada uma revisão da literatura com *string* específica de busca nas bases de dados *Scopus, Engineering Village e Web of Scienc*e. O tratamento dos resultados foi efetuado pelo *software Zotero* e *Excel*. Os resultados obtidos da literatura foram sintetizados e foi possível observar o grande desempenho, resultante da combinação dessas adições minerais pozolânicas em várias propriedades e na durabilidade de pastas, argamassas e concretos. O uso combinado delas ocasiona uma ação sinérgica de micro e nano partículas que proporcionam alterações microestruturais muito relevantes nas matrizes cimentícias. Isso estabelece, em geral, um aumento considerável em termos de vida útil e de uso em longo prazo de materiais cimentícios.

Palavras-chave: Durabilidade. Microestrutura. Sílica ativa. Nanossílica. Revisão da literatura

Abstract

Research has been carried out highlighting that silica fume and nanosilica contribute with a positive effect on the performance and durability of concrete structures, especially when located in aggressive environments. However, the combined use of these two mineral additions in ternary mixtures is less studied. In this sense, the present paper carried out an extensive literature review, based mainly on results from the years 2015 to 2020, of research in concrete, pastes and mortars that simultaneously used silica fume and nanosilica. To this end, it was carried out using a specific search string in the

Scopus, Engineering Village and Web of Science databases. The processing of the results was performed using Zotero and Excel software. The results obtained from the literature were synthesized and it was possible to observe the great performance resulting from the combination of these pozzolanic mineral additions in various properties and durability of pastes, mortars and concretes. Their combined use causes a synergistic action of micro and nano particles that provide very relevant microstructural changes in cementitious matrices. This establishes, in general, a considerable increase in terms of service life and long-term use of cementitious materials.

Keywords: Durability. Microstructure. Silica fume. Nano silica. Literature review.

Resumen
Se han llevado a cabo investigaciones que destacan que el humo de sílice y la nanosílice contribuyen con un efecto positivo en el rendimiento y la durabilidad de las estructuras de hormigón, especialmente cuando se encuentran en entornos agresivos. Sin embargo, el uso combinado de estas dos adiciones minerales en mezclas ternarias está menos estudiado. En este sentido, este artículo realizó una extensa revisión bibliográfica, basada principalmente en resultados de los años 2015 a 2020, de investigaciones sobre hormigones, pastas y morteros que utilizaron microsílice y nanosílice simultáneamente. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica mediante una cadena de búsqueda específica en las bases de datos Scopus, Engineering Village y Web of Science. El procesamiento de los resultados se realizó mediante software Zotero y Excel. Se sintetizaron los resultados obtenidos de la literatura y se pudo observar el gran desempeño que resulta de la combinación de estas adiciones minerales puzolánicas en diversas propiedades y durabilidad de pastas, morteros y hormigones. Su uso combinado provoca una acción sinérgica de micro y nano partículas que aportan cambios microestructurales muy relevantes en las matrices cementosas. Esto establece, en general, un aumento considerable en términos de vida útil y uso a largo plazo de los materiales cementicios.

Palabras clave: Durabilidad. Microestructura. Sílice activa. Nano sílice. Revisión de literatura.

Introdução

A eficiência de adições minerais pozolânicas, em misturas binárias de matrizes cimentícias, vem sendo testada e estudada pela literatura (HOR; LEWIS, 1985; ALEXANDER; MAGEE, 1999; POON; KOU; LAM, 2006; HASSAN; LACHEMI; HOSSAIN, 2012; ADIL; KEVERN, 2020; OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA, 2019; OLIVEIRA et al., 2023), tais quais: cinza volante, metacaulim, sílica ativa, escória de alto forno, cinza de casca de arroz, dentre outras. Dentre elas, a sílica ativa (SA) possui composição química com partículas esféricas e micrométricas, elevada pureza e amorficidade (> 85% de SiO_2 amorfo), alta reatividade e superfície específica (entre 13.000 e 30.000 m^2/kg). Ela é comumente utilizada em substituição parcial à massa de cimento Portland, em teores variáveis em geral inferiores a 12% (MEHTA; ASHISH, 2019; TRIPATHI et al.,2020). Atualmente, a SA é um subproduto industrial, mas também é produzida industrialmente (OLIVEIRA, FERREIRA, MARTINS FILHO, 2020; SANTOS; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2021). Sua utilização em materiais cimentícios é amplamente conhecida e difundida, sendo inclusive, normatizada, no Brasil pela norma ABNT NBR 13956-1 (2012).

Estudos relacionados à melhora no comportamento mecânico (CAMPOS et al., 2020) e à redução da suscetibilidade à reação álcali-agregado (HOOTON, 2020; BODDY; HOOTON, THOMAS, 2003) e aos ataques por sulfatos (SHANNAG; SHAIA, 2003), por cloretos (KAYALI; ZHU, 2005) ou por carbonatação (GHAHARI, et al., 2016) com uso de sílica ativa (SA) em misturas binárias com o cimento Portland são conhecidos na literatura. Da mesma forma, a melhoria da microestrutura, a redução de porosidade e da permeabilidade, o aumento da resistividade elétrica e a alteração da condutividade também foram observados (OLIVEIRA; CASCUDO, 2018; GARG; BANSAL; AGGARWAL, 2016; LI, et al., 2018). Vários são os tipos de sílica ativa utilizadas, tanto em pesquisas, quanto comercialmente, podendo ser mencionadas as formas: pó, lama, dispersa em água e granulada (MEHTA; ASHISH, 2019; TRIPATHI et al., 2020; BAJJAA et al., 2016; NOCHAIYA et al., 2017; KAREIN, et al., 2017).

Por outro lado, a nanossílica (NS) é um material mais recente, composto por partículas nanométricas de sílica, com altíssima pureza e amorficidade (> 95% de SiO_2 amorfo). Conceitualmente, o diâmetro das partículas pode variar entre 1 e 1000 nm (BERGNA, 1994), entretanto, em pesquisas com materiais cimentícios são utilizadas, em geral, partículas com diâmetros que variam entre 5 e 80 nm e superfície específica com variação entre 50 e 640 m²/g (PEREIRA; CASCUDO; CARASEK, 2018). A obtenção da nanossílica é resultante de um processo industrial de precipitação de soluções de silicato de sódio (KONTOLEONTOS et al., 2012), não tendo seu uso normatizado no Brasil. São três os tipos de nanossílica observados: *sols* ou coloidal (dispersa em solução), em pó e em gel. Em materiais cimentícios predominam o uso das formas coloidal e pó.

Além disso, quimicamente, as partículas de nanossílica são compostas por ligações intensas do tipo van der Waals de curto alcance. Essas ligações, associadas a grande superfície específica desse material, contribuem para a tendência à aglomeração (BAJJAA et al., 2016). Por isso, é necessária uma maior atenção quanto ao teor e forma de incorporação em sua utilização em materiais cimentícios. Nesse contexto, a nanossílica dispersa em uma solução coloidal, possui maior estabilidade e menor potencial de aglomeração, quando comparado ao material em pó. A Figura 1 ilustra a morfologia das partículas de nanossílica coloidal, juntamente com os seus diferentes diâmetros, verificados no ensaio de Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) (OLIVEIRA et al., 2023). Nesta Figura 1 é possível verificar a tendência à aglomeração de partículas e a distribuição granulométrica variando entre 10 e 16 nm.

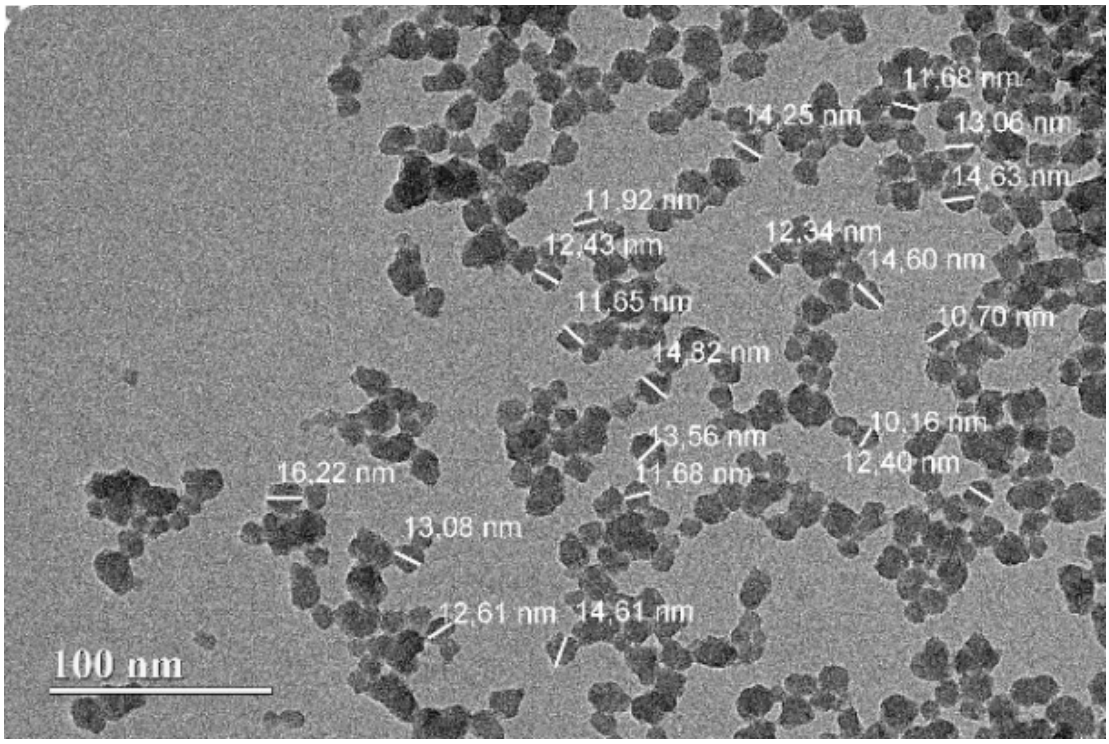


Figura 1 - Distribuição das partículas de nanossílica por MET – escala de 100 nm
Fonte: Oliveira et al., 2023

O ensaio conduzido por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) apresenta a morfologia da sílica ativa em escala micrométrica. Não foi possível realizar este tipo de ensaio com a nanossílica, devido a sua condição coloidal. Assim, a Figura 2 apresenta as partículas de sílica ativa em formato esférico, com diâmetros não uniformes e com grande tendência de aglomeração.

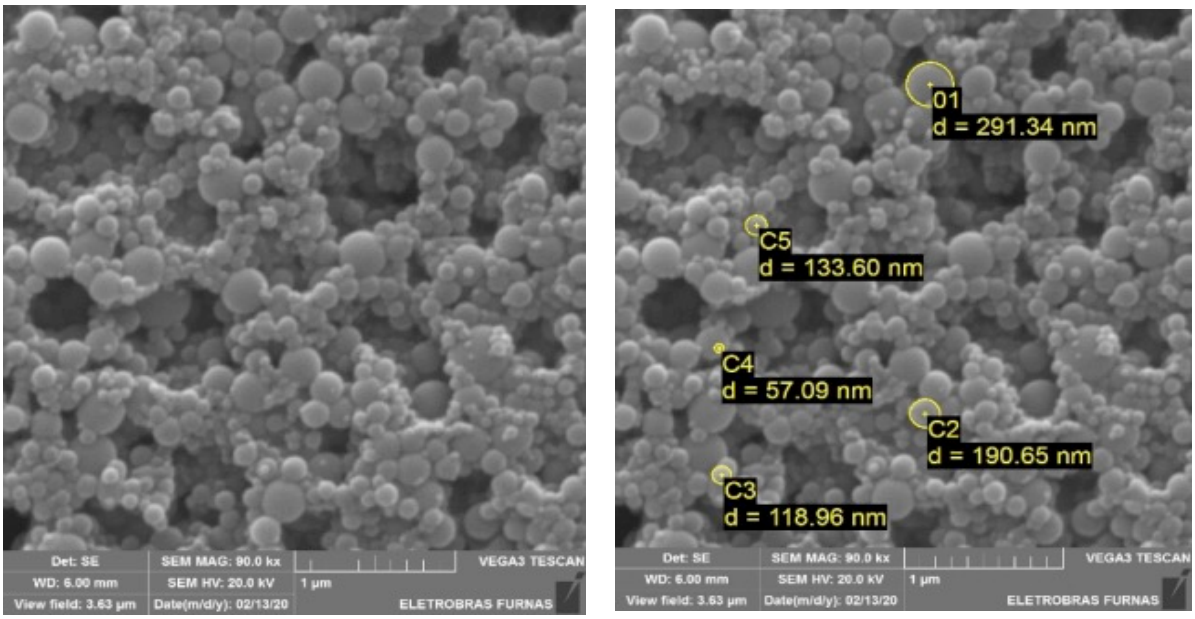


Figura 2 - Distribuição das partículas de sílica ativa em MEV com ampliação de 1 µm (esquerda e direita)
Fonte: Os autores.

Estudos vêm sendo desenvolvidos com o uso de nanossílica em misturas binárias com materiais cimentícios (SENFF, 2009; MORAES; GEYER, 2012; DANTAS, 2013; SOARES, 2014; CAUDURO, 2015; MENDES; REPETTE; REIS, 2017; LIMA, 2017; JÚNIOR, 2017; DU, 2019; BALOCH et al., 2019; REIS; JÚNIOR; SILVA, 2019), em concretos de alto desempenho (DAHLAN, 2021), em microconcretos impressos em 3D (SIKORA et al., 2021), além de compósitos cimentícios do tipo ECC - *Engineered cementititous composites* (FU et al., 2021; RAZAVI; NAZARPOUR; BEYGI, 2021). Vários autores atestam a eficácia desse tipo de adição, no que se refere ao aumento da durabilidade de materiais cimentícios, principalmente quando submetidos ao ataque por Cl^- e especialmente em teores de utilização que variam de 1% a 5%, por exemplo (NILI; EHSANI, 2015). Nos teores mais elevados, particularmente em materiais com maior superfície específica, é necessário alto rigor e alta energia de mistura quanto à incorporação das partículas de nanossílica.

De forma geral, uma redução de desempenho de concretos, argamassas e pastas que utilizaram nanossílica, em substituição parcial da massa de cimento Portland, pode acontecer quando há a aglomeração de partículas, por meio de procedimento de mistura ineficiente dos materiais ou de um teor elevado de utilização (RAZAVI; NAZARPOUR; BEYGI, 2021; GHAFARI et al., 2014). Por isso, é aconselhável que, em partículas mais finas, se utilizem teores mais baixos, como forma de evitar esse fenômeno (QUERCIA et al., 2014; MADANI et al., 2014; BAGHERI et al., 2014).

Neste contexto, o uso combinado de sílica ativa e nanossílica em concretos, argamassas e pastas ainda é mais discreto no meio científico, principalmente no que tange às alterações microestruturais neles ocorridas pelo uso combinado dessas adições e a durabilidade desses materiais frente ao ataque por Cl^- e CO_2, por exemplo. São mais recorrentes as pesquisas que comparam o desempenho entre a sílica ativa e nanossílica, quando utilizadas, em misturas binárias, nos materiais cimentícios (REGO, et al., 2018; SENFF, et al., 2010; PINHEIRO, 2015).

Um artigo de revisão sistemática tem o objetivo de verificar o *status* atual, nacional e/ou internacional das pesquisas relacionadas a uma determinada temática. Com ele é possível conhecer os autores relevantes, os materiais e métodos utilizados, bem como os principais resultados obtidos. Dessa forma, a revisão sistemática é fundamental para composição da metodologia de pesquisa de um determinado estudo. Uma vez que a partir dela há um direcionamento quanto as práticas mais e menos assertivas relacionadas ao tema em questão. Neste sentido, este trabalho de revisão da literatura tem como objetivo sintetizar resultados de pesquisas experimentais que contemplaram o uso ternário de sílica ativa e nanossílica em materiais cimentícios (concretos, argamassas e pastas), com ênfase em alterações de propriedades físicas e de durabilidade em decorrência de alterações microestruturais. Esses resultados pontarão diretrizes para futuras pesquisas no tema.

Relevância e contribuição do artigo

Este artigo apresenta o *status* nacional e internacional, referente às pesquisas cujos focos foram o uso combinado de sílica ativa e nanossílica em materiais cimentícios, com ênfase nas alterações mecânicas, microestruturais e de durabilidade. A partir desse *status,* foi possível identificar os principais autores, ensaios e resultados obtidos relacionados ao tema. Como trata-se de uma temática mais recente, este artigo avança no conhecimento ao agrupar, sintetizar e processar informações, pesquisas e resultados experimentais relevantes. Esse conjunto de informações viabilizam e otimizam planejamentos experimentais atuais e futuros mais adequados, possibilitando, assim, que o limite de conhecimento, até então verificado, seja ultrapassado e isso aumenta a assertividade metodológica.

Destaca-se que a revisão sistemática da literatura – RSL é uma ferramenta útil, uma vez que proporciona a reunião, a organização e a posterior avaliação das informações disponíveis, a partir de pesquisas anteriores e, em sequência, a consolidação dessas informações. A categorização de informações por meio de RSL tem sido utilizada em vários trabalhos científicos e em várias áreas do conhecimento (KHAN et al., 2001; PETERSEN et al., 2008; ASHMED et al., 2021; OLENA, et al., 2021; LI et al., 2022)

1 Metodologia

Baseando-se na metodologia proposta por Tranfield, Denyer e Smart (2003) e Kitchenham e Charters (2007), neste artigo, a RSL foi empregada em três etapas: planejamento, condução e análise.

Primeiramente foi realizada uma busca exploratória no *Google Scholar* objetivando-se encontrar, em âmbito nacional, as pesquisas afins à temática proposta: o uso combinado de sílica ativa e nanossílica em concretos, argamassas e pastas, com ênfase à durabilidade, propriedades e possíveis alterações na microestrutura deles. Para isso, foram pesquisados artigos, teses e dissertações com os termos em conjunto “concreto”, “argamassa”, “pasta”, “microestrutura”, “durabilidade”, “caracterização mecânica”, “nano sílica” e “sílica ativa”.

Os trabalhos elencados e que apresentaram a temática proposta, foram considerados. Sete foi o total de páginas apresentado pelo *Google Scholar* para essa busca. As palavras-chave contidas em cada *abstract* das pesquisas selecionadas foram listadas e os termos mais assertivos foram utilizados para composição de uma nova *string* de busca. Essa nova *string,* foi composta com termos técnicos para procura de artigos em inglês em bases internacionais para conhecimento do *status* do tema em questão, no cenário internacional.

Para a revisão sistemática foi formada a seguinte *string* conjunta*: (microstructure AND durability) AND (silica fume AND nanosilica) AND (concrete OR*

paste OR mortar). Ela foi utilizada nas bases de dados *Scopus, Engineering Village e Web of Science*. Nesse processo, foram procurados apenas artigos no idioma inglês e selecionados aqueles vinculados a revistas que possuíam *Journal Citation Reports* -JCR, publicados entre os anos de 2015 e 2020. Sendo este último o ano em que a revisão foi realizada. Buscou-se com isso encontrar os artigos mais recentes até o momento em questão, ano de delimitação metodológica de outras pesquisas relacionadas ao uso de sílica e nanossílica em materiais cimentícios que estavam em andamento.

A análise inicial de todos os artigos buscados por meio da *string*, nas três bases de dados, foi realizada no programa Zotero. Nele foram excluídos os materiais que apareceram simultaneamente em duas ou mais bases de busca, portanto *duplicados*. Depois foi realizada a análise por título e por resumo de cada um dos demais artigos.

Na análise por título foram considerados todos os materiais que, de forma direta ou indireta, se relacionavam ao tema de busca proposto. Depois, foi realizada a análise por resumo, no qual foram lidos os resumos de todos de todos os artigos remanentes, sendo selecionados aqueles artigos que faziam referência ao tema de interesse. Ao final, permaneceram para leitura e coleta de dados, os artigos selecionados por título e por resumo.

Além disso, o critério de *snowball* para buscas mais amplas em termos de microestrutura e durabilidade foram considerados no presente trabalho, ou seja, as referências de estudos importantes, citados nos artigos lidos e que se relacionaram à temática proposta também foram consideradas, lidos e avaliados, mesmo se tratando de publicações anteriores ao ano de 2015. Todo material selecionado, tanto por meio da busca exploratória, quanto por meio da revisão sistemática, foi lido integralmente.

De todas as pesquisas selecionadas, por todos os critérios de busca, foram extraídas informações relevantes à composição das misturas dos materiais cimentícios que podem afetar diretamente sua durabilidade e microestrutura, a saber: tipo e teor das adições utilizadas e relação água/ligante (a/lig). Além disso, todos os resultados obtidos nas pesquisas dos diferentes autores foram catalogados e comparados com materiais com sem adições. Ao final, esses resultados foram associados aos diferentes teores de adições, relação água/ligante verificados e propriedades/interveniências observadas.

2 Apresentação e discussão dos resultados

2.1 Dados bibliométricos

Pela quantidade de artigos, teses e dissertações obtidos, foi possível perceber que essa temática ainda é mais recente no meio científico. Várias exclusões ocorreram, em sua maioria, pela grande presença de estudos que não atendiam

satisfatoriamente à *string* de busca proposta. Por exemplo, foi percebido que vários autores fizeram uso da sílica ativa e nanossílica em composições binárias (FLORES et al., 2017; SINGH et al., 2015; CARNEIRO et al. 2017; HOU et al., 2015; XU et al., 2016; HARUEHANSAPONG; PULNGERN; CHUCHEEPSAKUL, 2017). Alguns desses, no entanto, analisaram apenas o comportamento mecânico e reológico dos materiais cimentícios compostos com essas adições (BOLHASSANI; SAYYAHMANESH, 2015; JAISHANKAR; MOHAN, 2017; LI et al.,2018), não atendendo à *string* de busca.

Houve também artigos que estudaram apenas a durabilidade de concretos argamassas e pastas em exposição a outros agentes agressivos, que não o íon cloro ou, até mesmo, combinadas a outros tipos de adições pozolânicas, como metacaulim e cinzas volantes, por exemplo (GAO; YU; BROUWERS, 2015; SHAIKH; SUPIT, 2015; ANDRADE et al., 2018; BEHFARNIA; ROSTAMI, 2017; WANG et al., 2016).

Ao final das buscas foram analisadas e estudadas 13 pesquisas relacionadas à temática proposta, entre artigos, teses e dissertações, sendo a maioria composta por artigos internacionais (Figura 3). É possível perceber pela Figura 3 que se trata de uma temática mais recente, como mencionado antes. A primeira pesquisa data do ano de 2012, tendo ocorrido acréscimos dos estudos acerca do assunto com o passar dos anos.

A Tabela 1 explicita os resultados referentes a buscas nas bases internacionais. Ressalta-se que nacionalmente foram encontrados três estudos. Todo o material encontrado fez uso de procedimentos experimentais.

A Tabela 2 mostra os autores, tipo de pesquisa e materiais estudados. É possível notar que a maioria dos estudos foram conduzidos em concreto

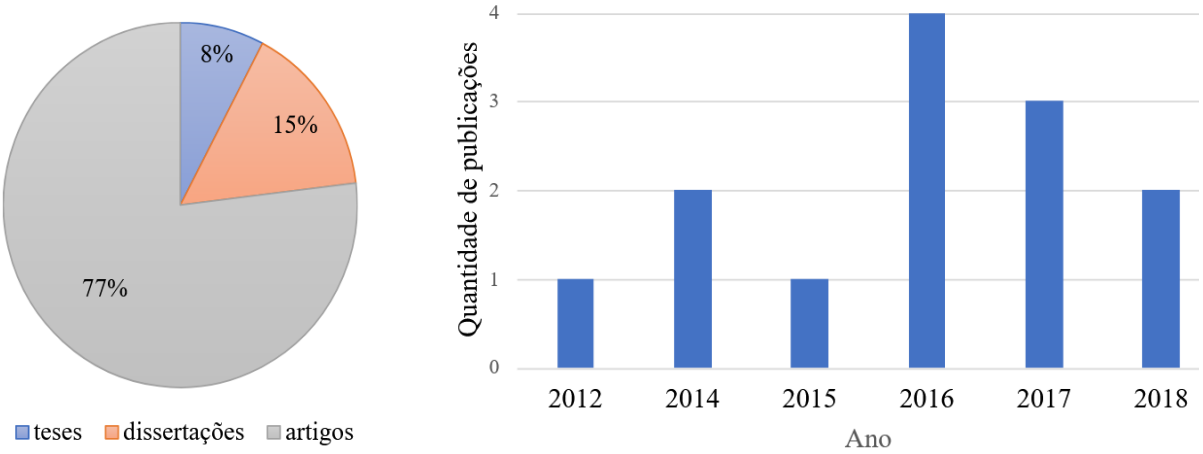


Figura 3 - Estudos encontrados relacionados ao tema: (a) tipos (esquerda) e (b) publicações por ano (direita).
Fonte: Os autores.

Etapa	Número de artigos
Busca por *string* na *Scopus*	+ 129
Busca por *string* na *Engineering Village*	+ 37
Busca por *string* na *Web of Science*	+ 69
Total de artigos encontrados nas bases de dados por *strings*	235
Verificação dos artigos duplicados	- 7
Excluídos por título	- 163
Excluídos por resumo	- 46
Sem fator JCR	-1
Lidos integralmente	18
Excluídos após leitura por incompatibilidade de temática *da string*	- 10
Artigo Finais	8
Snowball	+5
Artigos finais estudados e analisados	13

Tabela 1 – Etapas de seleção de artigos pela busca por *string*.

Base de busca	Autor	Tipo de material	Material estudado
Google Scholar	(ANDRADE, 2017)	Tese	Argamassa e pasta
Web of Science	(GARG; BANSAL, 2016)	Artigo	Argamassa
Scopus/ Engineering Village/Web of Science	(GESOGLU et al., 2016)	Artigo	Concreto
Scopus/Engineering Village	(GHAFARI et al, 2014)	Artigo	Concreto e pasta
Snowball	(JALALL et al., 2012)	Artigo	Concreto
Scopus/Web of Science	(LI et al, 2017)	Artigo	Argamassa
Scopus	(LI et al, 2017)	Artigo	Argamassa
Scopus	(Li et al., 2018)	Artigo	Concreto
Google Scholar	(MALAGONI, 2016)	Dissertação	Concreto
Google Scholar	(MARTINS, 2018)	Dissertação	Concreto
Scopus	(MASSANA et al, 2018)	Artigo	Concreto
Scopus/Engineering Village/Web of Science	(NILI; EHSANI, 2015)	Artigo	Concreto e pasta
Snowball	(OLTULU; ŞAHIN, 2014)	Artigo	Argamassa

Tabela 2 – Pesquisas encontradas em todas as buscas realizadas.

A Tabela 3 sintetiza as principais informações coletadas dos estudos selecionados, relacionadas à composição e ao proporcionamento dos materiais estudados.

Autor	Mistura	Relação água/ligante	Teor de adições em misturas ternárias (%)		Natureza da adição	Utilização em relação a massa de cimento Portland
			SA	NS		
(ANDRADE, 2017)	SA10NS3	0,35	10	3	SA Pó NS Coloidal	Substituição
(GARG; BANSAL; AGGARWAL, 2016)	SA5NS1	0,45	5	1	SA Pó NS Coloidal	Substituição
	SA10NS1		10	1		
	SA15NS1		15	1		
	SA20NS1		20	1		
(GESOGLU et al., 2016)	SA10NS0,5	0,20	10	0,5	SA Pó NS Pó	Substituição
	SA10NS1		10	1		
	SA10NS2		10	2		
	SA10NS3		10	3		
(GHAFARI et al. 2014)	SA27NS1	0,20	27	1	SA Pó NS Pó	Substituição
	SA27NS2		27	2		
	SA27NS3		27	3		
	SA27NS4		27	4		
(LI et al, 2017a)	SA10NS2	0,38	10	2	SA Pó N Pó	Substituição
(LI et al., 2017b)	SA10NS1	0,25; 0,30; 0,35 e 0,40	10	1	SA Condensada NS Pó	Substituição
	SA10NS2		10	2		
(LI et al., 2022)	SA10NS1	0,25, 0,30, 0,35 e 0,40.	10	1	SA Condensada NS Pó	Substituição
	SA10NS2		10	2		
(LI et al., 2018)	SA5NS0,5	0,30, 0,35, 0,40 e 0,45	5	0,5	SA Pó NS Pó	Substituição
	SA5NS1		5	1		
(MALAGONI, 2016)	SA9NS1	0,40 e 0,60	9	1	SA Pó NS Dispersa em aditivo	Substituição
(MARTINS, 2018)	SA9NS1	0,40 e 0,60	9	1	Pó NS Dispersa em aditivo	Substituição
(MASSANA et al., 2018)	SA2,5NS2,5	0,35	2,5	2,5	SA Pó NS Hydrosol	Adição
	SA2,5NS5		2,5	5		
	SA5NS2,5		5	2,5		
(NILI; EHSANI, 2015)	SA5NS1,5	0,45	5	1,5	SA Pó NS Pó	Substituição
	SA7,5NS1,5		7,5	1,5		
	SA5NS3		5	3		
	SA7,5NS3		7,5	3		
	SA5NS5		5	5		
	SA7,5NS5		7,5	5		
	SA5NS7,55		5	7,5		
	SA7,5NS7,5		7,5	7,5		
(OLTULU; ŞAHIN, 2014)	SA5NS0,5	0,40	5	0,5	SA Pó NS Pó	Substituição
	SA5NS1,25		5	1,25		
	SA5NS2,5		5	2,5		

Tabela 3 – Caracterização das pesquisas.

2.2 Resultados relacionados aos materiais cimentícios

2.2.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os autores (GAO; YU; BROUWERS, 2015) observaram um comportamento de acréscimo de resistência à compressão de concretos com a adição de nanossílica, obtendo-se o melhor resultado para concreto com 5% de sílica ativa e 1% de nanossílica (SA5NS1). Isso expressou um incremento de 63% e de 17% para as relações água/ligante (a/lig) 0,45 e 0,30, respectivamente. O estudo contemplou teores de 1 a 3% de nanossílica.

Segundo os autores (LI et al., 2017; GAO; YU; BROUWERS, 2015) há um efeito sinérgico entre as adições sílica ativa e nanossílica, que promovem um forte efeito químico responsável por promover reações pozolânicas mais efetivas, provocando o maior ganho de resistência em misturas ternárias (LI et al., 2017). Esse efeito torna-se mais perceptível à medida que se aumenta a relação a/lig (GAO; YU; BROUWERS, 2015).

Estudos revelaram que a resistência à compressão de concretos em composição ternária apresentaram melhor desempenho com 2,5% de sílica ativa e 2,5% de nanossílica, com 31% de aumento da resistência à compressão. Os autores atribuíram os bons resultados ao melhor empacotamento do sistema, ou efeito fíler, promovido pelo aumento do número de finos, que densificaram a matriz científica. Entretanto, os autores afirmaram que a alta quantidade de aditivo policarboxilato (utilizado acima de 3,6%) pode ter gerado bolhas internas no concreto, prejudicando, assim, a resistência a compressão das misturas com teores mais elevado. Isso resultou em um valor de resistência mais baixo (MASSANA et al., 2018).

Em pastas de cimento e em concretos (NILI; EHSANI, 2015) foi percebido que o aumento do teor de 0% a 5% de nanossílica culminou em um significativo ganho de resistência em composições ternárias. Nos concretos, o melhor teor observado foi para pastas de cimento com 5% de sílica ativa e de 3% para nanossílica com incremento de 39%, 83% e 102%, aos 7, 28 e 91 dias, respectivamente. Entretanto, a utilização de 7,5% de nanossílica resultou em redução de 20% da resistência à compressão para pastas e concretos, independentemente da quantidade de sílica ativa utilizada. Os autores justificaram este comportamento pela dificuldade de dispersão da nanossílica na mistura.

Os autores (NILI; EHSANI, 2015) concluíram que até o teor de 5%, a adição de nanopartículas de sílica ativa em pastas e concretos promoveu efeitos físico e químico mais benéficos para a matriz cimentícia. Além de acelerar o processo de hidratação pela geração de pontos de nucleação, melhorando as características microestruturais de interface cimento – agregado, densificando a zona de transição. O efeito contrário foi percebido ao se utilizar maiores teores, devido a aglomeração das nanopartículas, pela alta superfície específica e forças de van der Waals atuantes sobre elas.

Outros estudos mostraram um aumento da resistência à compressão à medida que se aumentou o teor de nanossílica até a quantidade de 2% (GESOGLU et al., 2016). A partir desse valor, esses autores apresentaram resultados com tendência de redução da resistência à compressão. Assim como em (NILI; EHSANI, 2015), os autores atribuíram essa redução a facilidade que a nanossílica tem em se aglomerar, devido presença de intensas forças intermoleculares, do tipo van der Waals, entre as suas partículas. Segundo eles, as partículas só se aglomeram quando o teor da adição ultrapassa a quantidade de CH excedente na hidratação do cimento para formação do C-S-H gel.

Em outra pesquisa, cientistas observaram um aumento da resistência à compressão nas argamassas estudadas à medida que houve um aumento do teor de utilização de nanossílica (LI et al., 2017). Na relação a/lig 0,25, esse incremento foi de 18% e 24% e de 31,1% e 49,3%, na relação a/lig 0,40, para SA10NS1 e SA10NS2 respectivamente, em comparação às respectivas referências.

Da mesma forma, Garg, Bansal e Aggarwa (2016) com seu estudo de argamassa com sílica ativa e nano sílica mostraram que os resultados de resistência à compressão cresceram com a mistura cm 15% de sílica ativa e 1% de nanossílica. Os autores creditam os bons resultados ao fato da atividade pozolânica da sílica ativa se tornar mais efetiva em presença da nano sílica, pela melhor distribuição das partículas. Isso leva a um melhor empacotamento, preenchendo vazios, resultando em uma matriz cimentícia mais homogênea e densa.

Na pesquisa conduzida em argamassas, foram percebidos os melhores valores de resistência para misturas ternárias (LI et al., 2017) de 12% de sílica ativa e 2% de nanossílica. Como resultado, os incrementos foram de 19%, 19% e 20% para a relação a/lig 0,25 e de 61%, 48% e 37% para a relação a/lig 0,40 aos 7, 28 e 90 dias, em comparação as suas respectivas referências.

Outros autores (GESOGLU et al. 2017) sugerem a existência de um efeito sinérgico entre as adições, atribuindo a melhor performance ao uso combinados desses materiais. Eles conferem essa sinergia à alta área de superfície da nanossílica que promove uma maior atividade pozolânica nas primeiras idades. No que se aplica a sílica ativa, por ter uma menor área de superfície, seria responsável pela atividade pozolânica em idades após 28 dias e após a hidratação dos produtos de hidratação em especial $Ca(OH)_2$ com o SiO_2 da sílica ativa. Da mesma forma, Li et al. (2018) também citaram que o efeito sinérgico começa a diminuir à medida que a idade avança pela diminuição gradual da atividade pozolânica. Os autores atribuem os resultados ao perfeito empacotamento das misturas promovido pela utilização de adições com granulometria contínua que preenche os espaços vazios remanescentes existentes entre os materiais que compõem o sistema, densificando e compactando a microestrutura. Também em argamassas, Andrade (2017) obteve um incremento de resistência de 1%, 45% e 57%, aos 1, 7 e 28 dias, respectivamente para a mistura com 10% de sílica ativa e 3% de nanossílica.

Na pesquisa conduzida pela literatura em concretos de alta performance, foi notado que a nanossílica acresceu de forma considerável a resistência à compressão desse material em idades mais precoces. O teor ótimo de adições para os autores (GHAFARI et al., 2014) foi de 27% de sílica ativa e 3% de nanossílica. Este teor aumentou a resistência à compressão de 40% aos 7 dias, 8% as 28 dias e de 6% aos 90 dias. Os autores atribuíram os bons resultados obtidos à alta atividade pozolânica das adições que geraram uma matriz cimentícia mais densa. Além disso, eles citam que a nanossílica acelera a hidratação do cimento, devido à sua alta superfície específica, assim como verificado em Garg, Bansal e Aggarwal (2016) e Gesoglu et al. (2017). Neste último estudo também foi observado um aumento da resistência até o teor de 3%. Os autores explicaram que o teor de 4% pode ter sido demasiado elevado para a quantidade de CH disponível para reação pozolânica (GESOGLU et al., 2017). Além disso, o excesso de partículas muito finas pode ter promovido uma dispersão menos efetiva da adição, culminando na aglomeração de partículas e piores resultados.

No estudo do concreto autoadensável, conduzido por Li et al. (2017), foram obtidos incrementos de resistência de 28%, 38%, 61% e 70% para um consumo de cimento de 450 kg/m³, aos 3, 7, 28 e 90 dias, respectivamente. Para 400 kg/m³, esse incremento foi de 45%, 62%, 52% e 55% e de 26%, 30%, 67% e 73% para 500 kg/m³, obtidos nas mesmas idades. Os resultados foram atribuídos à mistura com 10% de sílica ativa e 2% de nanossílica, que obteve o melhor desempenho, independentemente do consumo de cimento utilizado. Os autores Jalal et al. (2012) atribuíram esse ganho ao feito fíler e ao efeito químico, que é acelerado pela presença dessas adições, em especial à nanossílica com sua alta pureza, amorficidade e área específica. Essas adições promoveram um rápido consumo de $Ca(OH)_2$ dentro da matriz cimentícia.

Em outra pesquisa, os autores (MALAGONI, 2016; MARTINS, 2018) obtiveram um incremento de 24% na resistência para 9% de sílica ativa e 1% de sílica ativa na relação a/lig 0,40 e de 15% na relação a/lig 0,60, ambos aos 28 dias. Os resultados foram atribuídos ao efeito físico provocado pelo uso das adições e relacionados aos ganhos de densidade e de compacidade, refinando poros e melhorando a zona de transição, elevando a rigidez do material.

Assim, de acordo com as pesquisas realizadas, é possível concluir que a resistência à compressão tende a aumentar, até certo ponto, à medida que se aumenta o teor de nanossílica. Este teor foi consenso de 1 a 3% de nanossílica para misturas ternárias de materiais cimentícios com sílica ativa e nanossílica. Posteriormente ao que pode ser chamado de teor ótimo, as partículas de nanossílica tendem a se aglomerar.

Assim, foi possível inferir que a quantidade de $Ca(OH)_2$ produzida durante a reação de hidratação do cimento pode ser fator limitante da reação química pozolânica, uma vez que o teor de adições utilizadas irá reagir somente até quando

houver $Ca(OH)_2$ disponível. Após todo o $Ca(OH)_2$ ser consumido, a quantidade excedente de nano partículas tendem a se aglomerar (GESOGLU et al., 2016), devido à sua elevada finura e intensas ligações do tipo van der Waals de curto alcance (BERGNA, 1989).

Também é possível perceber que a melhora da resistência à compressão ocorre devido à alta pozolanicidade dos materiais, que provêm efeitos físico e químico mais efetivos, densificando a matriz cimentícia e melhorando a zona de transição. Esses incrementos foram, em geral, notados até o teor de 5% de nanossílica, independentemente do teor de sílica ativa utilizada, mas que, em geral, se manteve inferior a 10%. Além disso, ele foi verificado, em geral, até os 28 dias, uma vez que a nano sílica é responsável por acelerar a reação de hidratação do cimento promovendo o ganho de resistência em primeiras idades.

2.2.2 EXPOSIÇÃO A CLORETOS

Em Li et al. 2018 foi executado o teste rápido de permeabilidade a cloretos em argamassas. Os autores relataram que nas misturas com 10% de sílica ativa e 1% e 2% de nanossílica ocorreram uma pequena redução da carga passante, não sendo possível verificar o efeito sinérgico existente entre as duas adições. Eles sugeriram que a quantidade de nano sílica utilizada foi pequena e que, por isso, não promoveu o efeito físico assertivo de forma a interferir na propriedade analisada.

Durante o ensaio de permeabilidade rápida de cloretos conduzido por Malagoni (2016) foi percebido que à medida que o teor de adições aumentou nas misturas, houve um decréscimo da carga passante. A mistura com 10% de sílica ativa e 1% de nanossilica obteve os melhores resultados que culminaram em uma redução da carga em 28%, 28%, 40% e 32% aos 28, 56, 90 e 180 dias. Aumentando-se o teor de nanossílica um aumento da carga passante foi registrado. Os autores atribuíram os resultados ao efeito químico e físico, promovidos pelo uso das pozolanas que densificaram a estrutura, reduziram os poros da matriz cimentícia e levaram a uma menor permeabilidade a agentes agressivos.

Em Jalal et al., 2017 foi verificada uma grande redução na resistividade e na carga passante de íons cloro, em concretos com a mistura de 10% de sílica ativa e 2% de nanossílica. A porcentagem de íons cloretos reduziu 62%, 60% e 65% para os consumos de cimento de 400, 450 e 500 kg/m³, respectivamente. Quanto à resistividade, para o consumo de 500 kg/m³, os autores encontraram os valores de 125, 320 e 589 (Ω. m) aos 7, 28 e 90 dias. Após a análise, eles consideraram as pozolanas como agentes inibidores de corrosão, que contribuíram significativamente para a durabilidade do concreto frente a ambientes com exposição ao íon cloro.

Em seu estudo, Martins (2016) também obteve baixos valores de permeabilidade a Cl-. Para as misturas com 9% de sílica ativa e 1% de nanossílica foram verificadas reduções de 91% e 82% para as relações a/lig, 0,40 e 0,60, respectivamente da carga passante. No ensaio de difusão de cloretos, foram

verificadas em Martins (2016) reduções de 82% e de 57% da difusão aos 91 dias, para as relações a/lig 0,40 e 0,60, respectivamente. No ensaio de resistividade foi relatado um aumento de 238% em relação ao mesmo teor de adições com a relação a/lig 0,40. Os resultados obtidos por Martins (2016) indicaram efeito físico efetivo de preenchimento de poros, promovido pelo uso das adições com diferentes granulometrias, além do efeito químico mais assertivo de formação de C-S-H, a partir de $Ca(OH)_2$. Estes autores explicaram que a combinação desses efeitos promoveu uma matriz cimentícia mais densa e menos interconectada, dificultando a entrada de agentes agressivos, como é o caso do íon cloro.

As pesquisas avaliadas mostram que a associação das micro e nano adições foi responsável por expressivo ganho de desempenho dos materiais cimentícios frente à exposição ao íon cloro, o que aumenta consideravelmente a durabilidade desses materiais nesse ambiente agressivo.

Os autores, em sua maioria, atribuíram esse aumento do desempenho as reações pozolânicas mais efetivas (efeito químico) e ao efeito fíler (preenchimento) com maior capacidade de empacotamento. Essa combinação densifica a matriz cimentícia, reduzindo os poros interconectados, diminuindo a entrada de agentes agressivos e aumentando a resistência ao ataque por cloretos.

2.2.3 EXPOSIÇÃO AO GÁS DIÓXIDO DE CARBONO

A pesquisa de Li et al., (2017) cita que 10% de sílica ativa e 1 ou 2% de nanossílica foram capazes de reduzir a profundidade de carbonatação em argamassas, independentemente da relação a/lig utilizada. Para o valor a/lig 0,25, a redução foi entre 33% e 46%. Na relação a/lig 0,40, a redução foi de 53% e 61%. Assim, foi mostrado que o aumento da relação a/lig não prejudicou o efeito sinérgico existente entre as adições. Além disso, a profundidade de carbonatação diminuiu à medida que se aumentou o teor de nanossílica.

Pesquisas de Massana et al., (2018) não indicaram carbonatação após 60 dias de exposição a CO_2 nas misturas ternárias. Estes autores observaram os menores valores de frente de carbonatação para a mistura com 10% de sílica ativa e 1% de nanossílica aos 90 e 180 dias. A pesquisa associou os resultados ao efeito fíler e químico e a melhora da dispersão das nano partículas pela presença da sílica ativa.

2.2.4 ABSORÇÃO DE ÁGUA

O estudo conduzido por Li et al. (2017) apresentaram uma menor absorção de água em misturas ternárias compostas por sílica ativa e nanossílica, independentemente da relação a/lig utilizada. O teor ótimo foi atribuído à mistura com 10% de sílica ativa e 2% de nanossílica com redução da absorção de 85% e 74% para as relações a/lig 0,25 e 0,40, respectivamente.

Da mesma forma, Massana et al. (2018) também encontraram menores valores de absorção de água para as misturas ternárias. Entretanto, não houve grande

variação da absorção entre os diferentes teores de sílica ativa e nanossílica utilizados. Assim como Li et al. (2017), os autores concluíram que distribuição granulométrica continua, obtida por meio do uso das partículas com diferentes granulometrias, aumentou o empacotamento do sistema, reduzindo a porosidade, contribuindo com a durabilidade do material estudado.

O estudo conduzido por Ghafari et al. (2014) verificaram uma redução da absorção de água de 9%, 21%, 33% e 29% para os teores fixos de 27% de sílica ativa e os respectivos valores de 1%, 2%, 3% e 4% de nanossílica. No ensaio de absorção de água, a mistura com 27% de sílica ativa e 3% de nanossílica apresentou o melhor desempenho com redução de 15% dessa propriedade e 35% de redução dos poros capilares, medidos por porosimetra por intrusão de mercúrio. Na pesquisa de Jalal et al., (2012), os menores valores de absorção de água foram encontrados para a mistura com 10% de sílica ativa e 2% de nanossílica. Esta dosagem promoveu uma redução de 66%, 65% e 66% para os consumos de cimento de 400 kg/m³, 450 kg/m³ e 500 kg/m³, respectivamente. Assim, como todos os outros autores, Jalal et al., (2012) explicaram que os resultados obtidos são resultados da melhora do empacotamento do sistema, devido a distribuição granulométrica gradual das partículas e refinamento dos poros.

Por fim, destaca-se que os diferentes estudos avaliados sugeriram que houve um refinamento dos poros, gerado pela densificação da matriz cimentícia, por meio das reações pozolânicas efetivas e melhor empacotamento do sistema. Esse refinamento dificulta a entrada de agentes agressivos como a água, CO_2, cloretos e demais agentes. Essa densificação da estrutura também é responsável pelo aumento da resistência à compressão anteriormente verificado.

2.2.5 ANÁLISE TÉRMICA, CALORIMETRIA E POROSIDADE

No estudo de análise termogravimétrica (TG/DTG) com pastas em misturas ternárias de nanossílica com o teor de 3%, Ghafari et al. (2014) observou aos 7 dias uma redução de 73% da quantidade de $Ca(OH)_2$ para a mistura binária com 3% de nanossílica. Aos 28 e 90 dias, esse valor foi de 85% e 90% para a mistura com nanossílica, respectivamente. Isso mostra uma pequena diferença entre os 7 e 28 dias, o que explica os grandes incrementos de resistência em idades precoces, relatados nesse mesmo estudo e nos estudos de Jalal et al. (2012) e Li et al. (2017).

Andrade (2017) também verificou a aceleração da reação de hidratação do cimento em misturas binárias de argamassas com um teor de 3% de nanossílica. Nesses materiais foi verificado um grande consumo de $Ca(OH)_2$, principalmente nas primeiras idades. O autor explicou os resultados por meio do efeito de nucleação promovido pela alta superfície das adições, juntamente com a elevada pozolanicidade. Essa combinação além de acelerar, tornou a reação de hidratação mais efetiva.

No ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio, Massana et al. (2018) verificaram que a mistura com 2,5% de sílica ativa e 2,5% de nanossílica reduziu a quantidade de poros totais e críticos dos concretos analisados, refinando a microestrutura. Assim, os autores citaram que a nanossílica foi responsável por refinar a microestrutura desses materiais, enquanto a sílica ativa reduziu a quantidade de poros totais.

Ghafari et al., (2014) também, por meio do ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio, notaram que os concretos fabricados com nanossílica apresentaram um refinamento dos poros. Além disso, quanto maior foi a quantidade de nanossílica, menor foi a quantidade de poros capilares encontrada. Houve um decréscimo da porosidade de 25,3%, 26,7%, 32,2% e 24,5% para os teores fixos de 27% de sílica ativa e 1%, 2%, 3% e 4% de nanossílica, respectivamente. O teor de 3% de nanossílica com 27% de sílica ativa foi considerado o teor ótimo de adição com 35% de redução dos poros capilares. Os autores citam que houve desconexão dos poros, devido a maior quantidade de C-S-H, com menor relação Ca/Si, formada pelo efeito químico e densificação da matriz cimentícia, observada em análise de MEV, foram responsáveis pelos resultados.

No ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio conduzido, Oltulu e Şahin (2014) avaliaram argamassas com 5% de sílica ativa e 0,5% e 1,5% de nanossílica. Eles apresentaram uma redução total de mercúrio intrudido de 45% e 48%, respectivamente. A mistura com 1,5% de nanossílica apresentou o melhor resultado, com aumento considerável dos poros na faixa de 4 a 10 nm e redução dos poros entre 10 – 100 nm, comprovando o refinamento e densificação da microestrutura. Segundo os autores, isso foi possível pelo efeito químico e de nucleação promovido pelo uso das adições de altíssima reatividade que aumentaram a quantidade de C-S-H produzida, diminuindo a quantidade de cristais de CH disponíveis. Contudo, o traço SA5NS2,5 aumentou o teor de mercúrio intrudido em 43%, o que os autores atribuíram a aglomeração das partículas de adições.

No mesmo sentido, Andrade (2007), por meio do ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio, realizado em argamassas, perceberam uma redução da porosidade total e refinamento dos poros, na mistura com 10% de sílica ativa e 3% de nanossílica, quando comparado à referência e às misturas binárias. Ele atribuiu esse resultado à utilização da nano sílica. Em análise de TG/DTG foi verificado um grande consumo de $Ca(OH)_2$, que reduziu a relação Ca/Si da matriz cimentícia em comparação aos demais materiais citados. O mesmo resultado foi obtido para estudos em argamassas de Garg, Bansal e Aggarwal (2016) e Malagoni (2016) com mistura de 10% de sílica ativa e 1% de nanossílica, quando comparada ao material de referência e de 10% de sílica ativa e 2% de nanossílica para argamassas estudadas por Li et al., (2017) e Jalal et al., (2012).

Conclusões

Após análise de todos os dados e resultados mostrados pelos diferentes autores, é possível concluir que:

- a *string* mostrou uma maior lacuna de estudos para misturas ternárias de sílica ativa e nanossílica;
- os estudos avaliados citam que a combinação de sílica ativa e nano sílica em materiais cimentícios promove uma densificação da microestrutura dos materiais cimentícios. Isso se deve aos efeitos químico e físico, que promovem aumento de C-S-H e melhora o empacotamento das partículas, respectivamente. Esses efeitos foram apontados por praticamente todos os autores, como a causa para os bons resultados obtidos nos ensaios mecânicos e nas propriedades avaliadas de materiais cimentícios.
- em geral, os bons resultados foram obtidos para teores de até 5% de nanossílica e de sílica ativa inferiores a 10% em praticamente todos os estudos;
- a combinação das adições contribuiu significativamente com a durabilidade do concreto frente a ambientes com exposição a cloretos, aumentando a resistividade elétrica e reduzindo a permeabilidade, a carga passante e a difusão de cloretos;
- nos estudos relacionados ao CO_2, foi percebida uma menor profundidade de carbonatação com o aumento do teor de nanossílica;
- quanto à microestrutura, os estudos mostraram que a nanossílica promoveu um refinamento dos poros capilares, enquanto a sílica ativa diminuiu a quantidade de poros totais. Isso conduziu a menores valores de absorção de água e de permeabilidade a gases e água;
- por fim, percebe-se que há um efeito de sinergia entre as duas adições, sendo que a utilização combinada desses dois materiais culmina no maior desempenho mecânico, de durabilidade e de desempenho dos materiais cimentícios, em comparação a misturas binárias.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, Eletrobras Furnas e a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil e FAPEG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás pelo apoio financeiro.

Referências

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 13956-1*- Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta Parte 1: Requisitos, 2012.

ADIL, G.; KEVERN, J. T.; MANN, D. Influence of silica fume on mechanical and durability of pervious concrete. Construction and Building Materials. V., 247 (2020) 118453.

ALEXANDER, M. G.; MAGEE, B. J. Durability performance of concrete containing condensed silica fume. Cement and Concrete Research. V., 29 (1999) 917 – 922.

ANDRADE, D. S. Microestrutura de pastas de cimento portland com nanossílica coloidal e adições minerais altamente reativas. 2017. 322 f. Tese (Doutorado em estruturas e construção civil) – Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

ANDRADE, D. S.; RÊGO, J. H. S.; MORAIS, P. C.; ROJAS, M. F. Chemical and mechanical characterization of ternary cement pastes containing metakaolin and nanosilica. Construction and Building Materials. V., 159 (2018) 18-26.

ASHMED, H. U.; FARAJ, R. H.; HILAL, N.; MOHAMMED, A. A.; SHERWANI, A. F. H. Use of recycled fibers in concrete composites: A systematic comprehensive review. Composites Part B: Engineering, v.125, n.15, p.108769, 2021.

BAJJAA, Z.; DRIDIA, W.; DARQUENNES, A.; BENNACER, R,; LE BESCOPA, P. Effect of aggregates on the diffusion properties and microstructure of cement with slurried silica fume based materials. Cement and Concrete Composites. V., 70 (2016) 86-97.

BALOCH. H.; USMAN, M.; RIZWAN, S. A.; HANIF, A. Properties enhancement of super absorbent polymer (SAP) incorporated self-compacting cement pastes modified by nano silica (NS) addition. Construction and Building Materials. V., 203 (2019)18-26.

BEHFARNIA, K.; ROSTAMI, M. Effects of micro and nanoparticles of SiO_2 on the permeability of alkali activated slag concrete. Construction and Building Materials. V.,131 (2017) 205-213.

BERGNA, H. E. The Colloid Chemistry of Silica. Advances in Chemistry; American Chemical Society: Washington, 1994.

BODDY, A. M.; HOOTON, R. D.; THOMAS, M. D. A. The effect of the silica content of silica fume on its ability to control alkali-silica reaction. Cement and Concrete Research. V., 33 (2003) 1263-1268.

BOLHASSANI, M.; SAYYAHMANESH, M. A study on mechanical properties of cement paste using magnetite - silica nano - composites. Advances in Cement Research. V., 27 (2015) 571 – 580.

CAMPOS, H. F.; KLEIN, N. S.; MARQUES FILHO, J.; BIANCHINI. M. LOW-cement high-strength concrete with partial replacement of Portland cement with stone powder and silica fume designed by particle packing optimization. Journal of Cleaner Production, V., 261 (2020) 121228.

CARNEIRO, L. R. S.; Garcia, D. C. S.; Costa, M. C. F.; Houmard, M.; Figueiredo, R. B. Evaluation of the pozzolanicity of nanostructured sol-gel silica and silica fume by electrical conductivity measurement. Construction and Building Materials. V., 160 (2018) 252-257.

CAUDURO, F. Estudo da incorporação de nanotubos de carbono e nanossílica em pasta de cimento Portland. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

DAHLAN, A. S. Impact of nanotechnology on high performance cement and concrete. Journal of Molecular Structure. V. 1223 (2021) 128896.

DANTAS, M. H. O. Avaliação dos efeitos da adição de nanossílicas em pó e coloidal em pastas de cimento Portland. 2013. 103 f.Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, Brasil.

DU, H. Properties of ultra-lightweight cement composites with nano-silica. Construction and Building Materials. V., 199 (2019) 696-704.

FLORES, Y. C.; CORDEIRO, G. C.; FILHO, R. D. T.; TAVARES, L. M. Tavares. Performance of Portland cement pastes containing nano-silica and different types of silica. Construction and Building Material. V., 146 (2017) 524-530.

FU, C.; GUO, R.; LIN, Z.; XIA, H., YANG, Y.; MA, Q. Effect of nanosilica and silica fume on the mechanical properties and microstructure of lightweight engineered cementitious composites, Construction and Building Materials. V., 298 (2021) 123788.

GAO, X.; Yu, Q. L.; Brouwers, H. J. H. Characterization of alkali activated slag–fly ash blends containing nano-silica. Construction and Building Materials. V., 98 (2015) 397 – 406.

GHAFARI, E.; COSTA, H.; JÚLIO, E.; PORTUGAL, A.; DURÃES, L. The effect of nanosilica addition on flowability, strength and transport properties of ultra-high performance concrete. Materials and Design. V., 59 (2014) 1 – 9.

GHAHARI, S. A.; RAMEZANIANPOUR, A. M.; RAMEZANIANPOUR, A. A.; ESMAEILI, M. An Accelerated Test Method of Simultaneous Carbonation and Chloride Ion

Ingress: Durability of Silica Fume Concrete in Severe Environments. Advances in Materials Science and Engineering. V., 2016 (2016) 1650979.

GARG, R.; BANSAL, M.; AGGARWAL, Y. Strength, Rapid Chloride Penetration and Microstructure Study of Cement Mortar Incorporating Micro and Nano Silica. International Journal of Electrochemical Science. V., 11 (2016) 3697 – 3713.

GESOGLU, M.; GÜNEYISI, E.; ASAAD, D. S.; MUHYADDIN, G. F. Properties of low binder ultra-high performance cementitious composites: Comparison of nanosilica and microsilica. Construction and Building Materials. V., 102 (2016) 706 – 713.

HAN, K.; RIET, G.; GLANVILLE, J.; SOWDEN, A.; KLEIJNEN, J. Undertaking Systematic Reviews of Research on Effectiveness: CRD's Guidance for those Carrying Out or Commissioning Reviews. NHS Centre for Reviews and Dissemination, University of York, 2001.

HARUEHANSAPONG, S.; PULNGERN, T.; CHUCHEEPSAKUL, S. Effect of Nanosilica Particle Size on the Water Permeability, Abrasion Resistance, Drying Shrinkage, and Repair Work Properties of Cement Mortar Containing Nano-SiO_2. Advances in Materials Science and Engineering. V., 2017 (2017) 4213690.

HMED, H. U.; FARAJ, R. H.; HILAL, N.; MOHAMMED, A. A.; SHERWANI, A. F. H. Use of recycled fibers in concrete composites: A systematic comprehensive review. Composites Part B: Engineering, v.125, n.15, p.108769, 2021.

HASSAN, A. A. A.; LACHEMI, M. ; HOSSAIN, K. M. A. Effect of metakaolin and silica fume on the durability of self-consolidating concrete. Cement and Concrete Composites. V., 34 (2012) 801 801– 807.

HOOTON. R. D. Influence of silica fume replacement of cement on physical properties and resistance to sulfate attack freezing and thawing, and alkali-silica reactivity. ACI Materials Journal. V., 90 (202) 143–152.

HOR, D. W. S.; LEWIS, K. Effectiveness of fly ash for strength and durability of concrete. Cement and Concrete Research. V., 15 (1985) 793-800, 1985.

HOU, P.; QIAN, J.; CHENG, X.; SHAH, S. P. Effects of the pozzolanic reactivity of nanoSiO_2 on cement-based materials. Cement e Concrete Composites. V., 55 (2015) 250 – 258.

JAISHANKAR, P.; MOHAN, S. R. K. Behaviour of nano silica on strength characteristics of high performances concrete. Revista Romana de Materiale. V., 47 (2017) 470-475.

JALAL, M.; MANSOURI, E.; SHARIFIPOUR, M.; POULADKHAN, A. R. Mechanical, rheological, durability and microstructural properties of high performance self-compacting concrete containing SiO_2 micro and nanoparticles. Materials and Design. V., 34 (2012) 389 – 400.

JIN, Z.; ZHAO, X.; DU, Y.; YANG, S.; WANG, D.; ZHAO, T.; BAI, Y. Comprehensive properties of passive film formed in simulated pore solution of alkali-activated concrete, Construction and Building Materials, v. 319, p. 126142, 2022.

JÚNIOR, P. F. S. Estudo da estabilidade dimensional de concretos de alta resistência com adição de polímero superabsorvente e nanopartículas de sílica. 2017. 368 f. Tese (Doutorado em estruturas e construção civil).) – Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

KAREIN, S. M. M.; RAMEZANIANPOUR, A. A.; EBADI, T.; ISAPOUR, S.; KARAKOUZIAN, M. A. A new approach for application of silica fume in concrete: Wet granulation. Construction and Building Materials. V., 157 (2017) 573-581.

KAYALI, O.; ZHU, B. Corrosion performance of medium-strength and silica fume high-strength reinforced concrete in a chloride solution. Cement & Concrete Composites. V., 27 (2005) 117-124.

KHAN, K.; RIET, G.; GLANVILLE, J.; SOWDEN, A.; KLEIJNEN, J. Undertaking Systematic Reviews of Research on Effectiveness: CRD's Guidance for those Carrying Out or Commissioning Reviews. NHS Centre for Reviews and Dissemination, University of York, 2001.

KITCHENHAM B.; CHARTERS, S. Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. EBSE Technical Report, EBSE-2007-001, 2007.

KONTOLEONTOS, F.; TSAKIRIDIS, P. E.; MARINOS, A.; KALOIDAS, V.; KATSIOTI, M. Influence of colloidal nanosilica on ultrafine cement hydration: Physicochemical and microstructural characterization. Construction and Building Materials. V., 35 (2012) 347 – 360.

LI, L. G.; HUANG, Z. H.; ZHU, J.; KWAN, A. K. H.; CHEN, H. Y. Synergistic effects of micro-silica and nano-silica on strength and microstructure of mortar. Construction and Building Materials. V., 140 (2017a) 229 – 238.

LI, L. G.; ZHU, J.; HUANG, Z. H.; KWAN, A. K. H.; LI, L. J. Combined effects of micro-silica and nano-silica on durability of mortar. Construction and Building Materials. V., 157 (2017b) p. 337 – 247.

LI, L. G.; ZHENG, J. Y.; ZHU, J.; KWAN, A. K. H. Combined usage of micro-silica and nano-silica in concrete: SP demand, cementing efficiencies and synergistic effect. Construction and Building Materials. V., 168 (2018) 622 – 632, 2018.

LI, X.; QIN D.; HU, Y.; AHMAD, W.; AHMAD, A.; ASLAM, F.; JOYKLAD, P. A. systematic review of waste materials in cement-based composites for construction applications. Journal of Building Engineering, v. 45, p. 103447, 2022.

LIMA, C. J. O. Efeito da moagem conjunta da nanossílica e do cimento Portland no desempenho de pastas cimentícias. 2017. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

MADANI, H.; BAGHERI, A.; PARHIZKAR, T.; RAISGHASEMI, A. Chloride penetration and electrical resistivity of concretes containing nanosilica hydrosols with different specific surface areas. Cement and Concrete Composites. V., 53 (2014) 18-24.

MALAGONI, M. A. A. Contribuição ao estudo da durabilidade e do transporte de fluidos em concretos contendo adições minerais. 2016. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

MARTINS, A. M. Transporte de cloretos em concretos com adições minerais e o desempenho em relação à corrosão das armaduras. 2016. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

MASSANA, J.; REYES, E.; BERNAL, J.; LEÓN, N.; SÁNCHEZ-ESPINOSA, E. Influence of nano - and micro-silica additions on the durability of a high-performance self-compacting concrete. Construction and Building Materials. V., 165 (2018) 93 – 103.

MENDES, T. M.; REPETTE, W. L.; REIS, P. J. Effects of nano-sílica on mechanical performance and microstructure of ultra-high-performance concrete. Cerâmica. V., 63 (2017) 387 – 394.

MEHTA, A.; ASHISH, K. Silica fume and waste glass in cement concrete production: A review. Journal of Building Engineering. V., 29 (2019) 100888.

MORAES, M. Q.; GEYER, A. Análise da contribuição das adições de nanossílica em concretos de cimento Portland. In. 9º Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão, 22-26 de Outubro, Goiânia, Brasil, 2012 (Anais).

NILI, M.; EHSANI, A.. Investigating the effect of the cement paste and transition zone on strength development of concrete containing nanosilica and silica fume. Materials and Design. V., 75 (2015) 174 – 183.

NOCHAIYA, T.; JEENRAM, T.; DISUEA, P.; TORKITTIKUL, P. Microstructure, compressive strength, and permeability of Portland-condensed silica fume cement. Monatsh Chem. V., 48 (2017) 1363-1370.

OLIVEIRA, A. P. Estudo de matrizes cimentícias ternárias contendo sílica ativa e nanossílica. 2019. 144 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

OLIVEIRA. A.M. Avaliação do desempenho de concretos com adições minerais quanto a corrosão das armaduras induzida por cloretos. 2008. 276 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil, 2008.

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. V., 192 (2018) 467 - 477.

OLIVEIRA, A. M.; FERREIRA, R. A. R.; MARTINS FILHO, P. C. Production of Silica Gel From Waste Metal Silica Residue. Materials Letters. V., 275, p. 1-6, 2022.

OLIVEIRA, A. M., OLIVEIRA, A. P., VIEIRA, J. D., NEVES JUNIOR, A., CASCUDO, O. Study of the development of hydration of ternary cement pastes using X-ray computed microtomography, XRD-Rietveld method, TG/DTG, DSC, calorimetry and FTIR techniques, Journal of Building Engineering, V., 64, (2023), 105616.

OLENA, K.; YELENA, K.; MAKSIM, B. The impact of the COVID-19 pandemic on the creative industries: A literature review and future research agenda. Journal of business research, v.139 p.1192 -1210, 2021.

OLTULU, M.; ŞAHIN, R. Pore structure analysis of hardened cement mortars containing silica fume and different nano-powders. Construction and Building Materials. V., 53 (2014) 658 – 664.

OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, A. P. ; VIEIRA, J. D. ; NEVES JR., A. ; CASCUDO, O. . Study of the development of hydration of ternary cement pastes using X-ray computed microtomography, XRD-Rietveld method, TG/DTG, DSC, calorimetry and FTIR techniques. JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING, v. 64, p. 1-17, 2023. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105616

PEREIRA, A. P. O; CASCUDO, O; CARASEK, H. Durabilidade de concretos, argamassas e pastas contendo nanossílica: Mapeamento e revisão sistemática da literatura. In: 3º Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado, 22-24 de Agosto, São Carlos, Brasil, 2018 (Anais).

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic MappingStudies in Software Engineering.12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, 2008 (Anais).

PINHEIRO, S. C. Influência de sílica gel e de partículas micro e submicrométricas produzidas a partir da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na hidratação e estrutura de poros de pastas de cimento. 2015. 292 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

POON, C. S.; KOU, C. S.; LAM. L. Compressive strength, chloride diffusivity and pore structure of high performance metakaolin and silica fume concrete. Construction and Building Materials. V., 20 (2006) 858-865.

QUERCIA, G.; SPIESZ, P.; HÜSKEN, G.; BROUWERS, H. J. H. SCC modification by use of amorphous nano-silica. Cement and Concrete Composites. V., 45 (2014) 69-81.

RAZAVI, S.M.; NAZARPOUR, H.; BEYGI, M. H. Investigation of the efficacy of nano-silica on mechanical properties of Green-Engineered Cementitious Composite (GECC) containing high volume natural zeolite. Construction and Building Materials. V., 291

REIS, P. F. O.; JÚNIOR, F. E.; SILVA, E. F. Profile of internal relative humidity and depth of drying in cementitious materials containing superabsorbent polymer and nano-silica particles. Construction and Building Materials. V., 237 (2020) 1-9.

RÊGO, J. H. S.; ROJAS, M. F.; TERRADES, A. M.; FERNÁNDEZ-CARRASCO, L.; MORALES, E. R.; ROJAS, M. I. S. Effect of Partial Substitution of Highly Reactive Mineral Additions by Nanosilica in Cement Pastes. Journal of Materials in Civil Engineering. V., 31 (2018) 1.

SAID, A. M.; ZEIDAN, M. S.; BASSUONI, M. T.; TIAN, Y. Properties of concrete incorporating nano-silica. Construction and Building Materials. V., 36 (2012) 838-844.

SANTOS, M. A.; OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, A. M. Um Estudo da Perspectiva do Uso de Resíduo Industrial de Silício como Adição Mineral em Matrizes Cimentícias: Origem, Processamento e Propriedades. Revista De Engenharia Da Universidade Católica De Petrópolis. V., 15, p. 103-118, 2021.

SENFF, L. Efeito da adição de micro e nanossílica no comportamento reológico e propriedades no estado endurecido de argamassas e pastas de cimento. 2009. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2009.

SENFF, L.; HOTZA, D.; REPETTE, W. L.; FERREIRA, V.; LABRINCHA, J. A. Rheological characterisation of cement pastes with nanosilica, silica fume and superplasticiser additions. Advances in Applied Ceramics (Print), v. 109, p. 213 – 218, 2010.

SHAIKH, F.U.A; SUPIT, S.W.M. Chloride induced corrosion durability of high volume fly ash concretes containing nano particles. Construction and Building Materials. V., 99 (2015) 208-225.

SHANNAG, M. J.; SHAIA, H. A Sulfate resistance of high-performance concrete. Cement & Concrete Composites. V., 25 (2003) 363-369.

SIKORA, P.; CHUNG, S. Y.; LIARD, M.; LOOTENS, D.; DORN, T.; KAMM, P. H.; STEPHAN, D.; ELRAHMAN, M. A. The effects of nanosilica on the fresh and hardened properties of 3D printable mortars. Construction and Building Materials. V., 281 (2021) 122574.

SINGH, L. P.; GOEL, A.; BHATTACHARYYA, S. K.; SHARMA, U.; MISHRA, G. Hydration studies of cementitious material using silica nanoparticles. Journal of Advanced Concrete Technology. V., 13 (2015) 345-354.

SOARES, A. L. M. Efeito da adição de nanosilica nas propriedades mecânicas e microestruturais de argamassas para construção. 2014. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil.

TRIPATHI, D.; KUMAR, R.; MEHTA, P.K.; SINGH, AMRENDRA. Silica fume mixed concrete in acidic environment. Materials Today: Proceedings. V., 27 (2020) 1001.

XU, Z.; ZHOU, Z.; DU, P.; CHENG, X. Effects of nano-silica on hydration properties of tricalcium silicate. Construction and Building Materials. V., 125 (2016) 1169-1177.

WANG, D.; SHI, C.; WU, Z.; WU, L.; XIANG, S.; PAN, X. Effects of nanomaterials on hardening of cement–silica fume–fly ash-based ultrahigh-strength concrete. Advances in Cement Research. V., 28 (2016) 555-566.

ZHANG, X.; DU, X.; ZHAO, X.; ZHANG, R.; HOU, P.; ZONGHUI, Z.; CHENG, X. The synergistic effect of nano-SiO_2 with silica fume in cement-based material. Journal of Sustainable Cement-Based Material. V., 6 (2016) 267-279.

tecnia revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

Volume 8, Número 1, 2023

O uso da intermodalidade como vantagem competitiva no escoamento da soja em Goiás: uma abordagem comparativa de custos logísticos em diferentes ambientes computacionais

THE USE OF INTERMODALITY AS A COMPETITIVE ADVANTAGE IN THE FLOW OF SOYBEANS IN GOIÁS: A COMPARATIVE APPROACH OF LOGISTICS COSTS IN DIFFERENT COMPUTATIONAL ENVIRONMENTS

EL USO DE UN SISTEMA INTERMODAL COMO VENTAJA ECONÓMICA EN EL FLUJO DE LA SOJA EN GOIÁS: UN ENFOQUE COMPARATIVO DE COSTOS LOGÍSTICOS EN DIFERENTES AMBIENTES COMPUTACIONALES.

Ianka Santana
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás
iankasantana7@gmail.com

Daiana Silva
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás
daianarmsilva@gmail.com

Denis Pereira
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás
denis.pereira@ifg.edu.br

Luciana Azevedo
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás
luciana.azevedo@ifg.edu.br

Resumo

É intrínseca a necessidade de movimentação e de transporte de pessoas ou cargas. Com a globalização, a competição entre as cadeias produtivas se tornou ainda mais acirrada e passou a buscar vantagens competitivas para disputar a preferência dos consumidores. Partindo desse ponto, para empresas e economias, é relevante pensar e analisar as diversas formas de promover soluções competitivas mais inteligentes e que impactem, com valor agregado, a predileção dos clientes e consumidores. Com as novas tecnologias e com o uso da intermodalidade no transporte, surgiu a necessidade de estudar maneiras mais inovadoras de construir uma formatação logística mais eficiente. O modelo deste trabalho buscou explorar rotas economicamente mais atrativas, por meio do uso da intermodalidade, para o escoamento da soja em Goiás nos principais corredores logísticos estratégicos do país. O modelo se apoia em uma programação linear dos problemas de transporte, sendo baseado no modelo apresentado por Marujo e Silva (2012) e Belfiore e Fávero (2013) e utilizando as plataformas *Microsoft Excel e Dev C ++* como ambientações computacionais para fins também de comparação de performance. Como resultado, se obteve que as rotas 01, 02, e 04, que possuem elementos de intermodalidade, apresentaram resultados economicamente mais atrativos do que as rotas 03 e 05, que utilizaram rotas exclusivamente rodoviárias. A economia potencial média aferida foi de quase 39 milhões de reais para a demanda de quase 4 milhões de toneladas de soja, uma redução

de proximamente 21% nos custos logísticos, quando comparado com simulações exclusivamente feitas com o modo rodoviário.

Palavras-chave: Logística. Intermodalidade. Pesquisa operacional. Modelo matemático. Ambientação computacional.

Abstract

It is intrinsic to the need to move and transact people or cargo. With globalization, competition between production has become even more fierce and has started to seek competitive advantages to compete for consumer preference. Starting from this point, for companies and economies, it is relevant to think and analyze the various ways of promoting competitive and smarter solutions, which impact, with added value, the predilection of customers and consumers. With new technologies and new means of transport, the need arose to study more innovative ways to build a more efficient logistical format. The model of this work, sought to explore more economically attractive routes, using intermodality for the transportation of soybeans in Goiás in the main strategic logistics corridors in the country. The model is based on a linear programming of transport problems, based on the model presented by Marujo e Silva (2012) and Belfiore and Fávero (2013) and using the Microsoft Excel and Dev C ++ platforms as computational for comparison purposes. performance. As a result, it was found that routes 01, 02 and 04 - which have elements of intermodality - showed economically more attractive results than routes 03 and 05, which use only road routes. The average potential savings measured was almost 39 million reais for a demand of almost 4 million tons of soy, a reduction of about 21% in logistics costs, when compared to simulations made exclusively with the road modal.

Keywords: Logistics. Intermodality. Operational Research. Mathematical model. Computational setting.

Resumen

La necesidad de mover y transportar personas o carga es intrínseca. Con la globalización, la competencia entre las cadenas productivas se tornó más agresiva y pasó a buscar ventajas competitivas para disputar la preferencia de los consumidores. Desde el punto de vista de empresas y economías es importante analizar diversas formas de promover soluciones competitivas más inteligentes y que impacten, con valor agregado, la predilección de los clientes y consumidores. Con las nuevas tecnologías y el uso de un sistema de transporte intermodal, surgió la necesidad de estudiar formas más innovadoras de construir un formato logístico más eficiente. El modelo de este trabajo buscó explorar, usando un sistema de transporte intermodal, las rutas económicamente más atractivas para el flujo de soja de Goiás en los principales corredores logísticos estratégicos del país. El modelo se apoya en una programación lineal de los problemas de transporte y se basa en el modelo presentado por Marujo e Silva (2012) e Belfiore e Fávero (2013) utilizando plataformas Microsoft Excel y Dev C ++ como ambientes computacionales para fines de comparación de desempeño. Como resultado se obtuvo que las rutas 01, 02 y 04, que poseen elementos del sistema intermodal, presentan resultados económicamente más atractivos que las rutas 03 y 05, que cuentan exclusivamente con rutas por carretera. El ahorro potencial promedio fue de casi 39 millones de reales para la demanda de casi 4 millones de toneladas de soja, una reducción de aproximadamente 21% en los costos logísticos en comparación con las simulaciones realizadas exclusivamente con el modo carreteras.

Palabras Clave: Logística, sistema intermodal. Investigación operacional. Modelo matemático. Ambientación computacional.

Introdução

A evolução tecnológica e a globalização têm aproximado cada vez mais o mercado produtor do mercado consumidor, encurtando os tempos e as distâncias. Nessa perspectiva, a redução dos custos de transportes se torna fundamental para o mercado competitivo, e o emprego de estratégias logísticas é um dos recursos mais utilizados para um diferencial em um mercado altamente exigente aos custos de movimentação do produto.

O transporte rodoviário é o mais utilizado no Brasil e corresponde a mais de 60% da divisão modal do transporte, porém, na última década, o país apresentou carência de infraestrutura na matriz de transporte (CNT, 2020). De acordo com Dias (2020), quando comparados os modais de transportes do Brasil com os de outros países de porte equivalente, percebe-se claramente como o transporte rodoviário se sobressai em relação aos demais.

Essa problemática no sistema de transporte brasileiro possui intensa concentração na movimentação de mercadorias por meio de rodovias, isso se justifica, muitas vezes, pela indisponibilidade de outras modalidades devido ao longo período de incentivo ao modo rodoviário. Entretanto, do ponto de vista econômico, essa abordagem não é lógica, visto que o recomendado para viagens com mais de 500 quilômetros de distância é que elas sejam realizadas por outros modais, como o ferroviário e o hidroviário, e com bens de baixo valor agregado (valor/frete) (MARTINS; CYPRIANO, 2004).

Segundo os mesmos autores, as *commodities*, por definição, são matérias-primas produzidas em larga escala, podendo ser estocadas sem perderem facilmente a qualidade. Entre elas se destacam o minério de ferro, o cimento e grãos considerados produtos com baixo valor agregado e são majoritariamente transportados por mais de um modal. Todavia, os custos de transportes são uma parcela considerável nos valores desses produtos, sendo, portanto, pertinente que se tenha um sistema eficaz.

O Estado de Goiás é o quarto maior produtor de soja do Brasil, com uma produção registrada em junho de 2019 de 11,437 milhões de toneladas e uma produtividade de 3.290 Kg/ha (CONAB, 2019). A produção agroindustrial tem crescido em direção ao Centro Oeste do país, com destaque para Goiás e Mato Grosso, distanciando-se cada vez mais das localidades dos portos, que são as portas de acesso ao mercado externo. Junto a isso, estão distantes também das fontes e fornecedores de alguns insumos, o que acarreta o aumento dos custos de transporte.

Contudo, não bastam apenas investimentos no setor de produção agrícola, mas também no sistema de transporte, posto que o Brasil possui apenas 11% de sua malha total viária pavimentada (CNT, 2019). Cada meio de transporte apresenta suas vantagens e desvantagens específicas, e atualmente é necessário desenvolver melhorias de forma a torná-los cada vez mais atrativos. Mediante os parâmetros

apresentados, o problema levantado se resume em discutir os seguintes pontos: Qual a vantagem de se utilizar a integração dos meios de transportes no escoamento da soja em Goiás? E como a integração dos modos de transportes vigentes pode contribuir na redução dos custos logísticos de distribuição a fim de tornar os produtos goianos mais competitivos no mercado?

Com o objetivo de estruturar um comparativo de custos de transportes, este estudo busca encontrar uma combinação logística mais atrativa e vantajosa para o escoamento da soja, utilizando-se do Corredor Estratégico Logístico - Sudeste, e direcionado pela hipótese de que a intermodalidade pode ser uma forma de redução de custos

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo aplicar modelagens matemáticas de programação linear por meio de simulações com auxílio de softwares computacionais, utilizando a intermodalidade como mecanismo de redução de custos de transportes no escoamento da soja no Estado de Goiás.

O processo metodológico foi utilizado por Silva e Marujo (2012) e se baseia em pesquisa bibliográfica, análise estruturada e simulações a partir de um modelo matemático de programação linear no *software Excel*, utilizando a ferramenta *solver* e no *software Dev-C ++,* por meio de um algoritmo em linguagem de programação C, ou seja, possui uma abordagem quantitativa, segundo as teorias explanadas por Belfiore e Fávero (2013). Para a metodologia, também buscou-se abordar a estrutura das redes de transportes rodoviário, ferroviário e hidroviário vigentes em Goiás, e por meio de dados e séries históricas apurados nos trabalhos de Reis, J.G.M; Toloi, C.R; Junior, F.M. (2015), Caramuru (2018) e Canal rural (2020), construiu-se o modelo matemático. O escoamento da soja foi simulado por meio do Corredor Logístico Sudeste e, para isso, foram definidos diferentes cenários integrando as redes de transportes, realizando, adiante, um comparativo com cenários que operaram apenas com o transporte rodoviário e outros com a intermodalidade aplicada, e, por fim, propondo a rota mais vantajosa em termos de custos operacionais.

O artigo foi estruturado nos seguintes itens e subitens: *1. Introdução*, cujo objetivo é apresentar o tema; *2. O Desenvolvimento Agropecuário e dos meios de Transportes em Goiás: Uma Análise em Perspectiva Histórica*, o qual delineia a evolução das atividades produtivas; *2.1 A Soja em* Goiás, que aborda o processo de consolidação da soja no mercado agropecuário; *2.2 O Atual Cenário das Redes de Transportes em Goiás,* que objetiva apresentar as principais modalidades de transportes como corredor de escoamento da produção; *3. Logística e Pesquisa Operacional; 3.1 Logística,* que se destaca como uma ferramenta indispensável para definição dos corredores logísticos dos modais de transporte; *3.2 Pesquisa Operacional*, a qual define as modelagens matemáticas como uma ferramenta de análise e preparação de decisões; *4. Materiais e Métodos*, que sistematiza as etapas com a utilização do modelo matemático para o comparativo dos custos entre as rotas; *5. Resultados,* o qual compreende a análise dos dados comparativos dos

custos obtidos no Excel e Dev-C++; e *6. Considerações Finais,* que faz uma retomada do artigo e busca evidenciar, a partir dos resultados, as vantagens de redução de custos com a utilização da intermodalidade do transporte.

1 O desenvolvimento agropecuário associado aos meios de transportes em Goiás: uma análise em perspectiva histórica

O movimento das bandeiras é o marco histórico mais antigo de Goiás, provindo desde a era da colonização portuguesa. A descoberta do ouro no sertão no século XVII é marcada pela colonização mineradora, deixando como registros a construção do Estado, as vilas fundadas e as tribos indígenas que foram extintas durante o surgimento do Estado de Goiás por uma comunidade garimpeira violenta e ambiciosa. Logo após a decadência do ouro, o Centro-Oeste brasileiro foi marcado por abandono e isolamento econômico e social, porém, a pecuária, naquele momento, representava uma das poucas atividades econômicas viáveis, o que mais tarde fez com que a região se transformasse em um grande polo agropecuarista no Brasil.

Logo após a descoberta do ouro, uma hierarquia foi organizada e o papel dos mineradores era o de se dedicarem, quase que exclusivamente, à produção de pedras preciosas, não explorando outros mercados e produtos, pois esse era o pensamento mercantilista relevante para aquele momento histórico, afinal, na época, a única riqueza interessante era a posse de ouro. Todo alimento vinha das capitanias da costa, pois, de acordo com Palacim (1975, p. 16), “as minas eram uma espécie de colônia dentro da colônia”. Essa afirmação explica o atraso no desenvolvimento agropecuário devido às políticas mercantilistas vigentes, mas também contribuído pelo pensamento e pelo comportamento do povo.

Na primeira metade do século XIX, o cenário encontrado na região Centro-Oeste brasileira era insatisfatório. Com a decadência do ouro, a população se dispersou pelos sertões, e as atividades de agropecuária possuíam fins de subsistência. Todavia, a agricultura era apoiada no trabalho escravo, dispondo-se de grandes terras para cultivo, formando um tripé composto pelos escravos, latifúndio e monocultura. (CASTILHO, 1813).

No entanto, no século XIX, o Estado de Goiás foi se desenvolvendo e sua população aumentando gradativamente em decorrência das migrações dos estados com os quais fazia divisa. A pecuária foi se tornando cada vez mais predominante e, como resultado, se tornou o setor mais importante da época, atraindo mais pessoas provindas do Pará, Maranhão, Bahia e Minas Gerais. O transporte em Goiás, em primeira instância, foi advindo da propulsão animal que depois evoluiu para a ferrovia.

Em 1896, a cidade de Araguari-MG dispunha da última estação da ferrovia Mogiana, sendo por ela que Goiás importava e exportava a produção. De acordo com Assis (2018), no ano de 1913, chega a Goiás a primeira ferrovia sendo considerada um símbolo de modernização. A implantação dos trilhos no território goiano foi resultado dos avanços da Região Sudeste no Brasil em virtude da cafeicultura, demandando a inserção de novas regiões ao sistema capitalista regional e ocasionando a expansão da fronteira agrícola. Goiás se insere pela primeira vez de forma relevante e estratégica na economia nacional. No entanto, o isolamento da região era ainda um grande obstáculo para o desenvolvimento contínuo goiano, tendo a agropecuária como a principal atividade do setor econômico.

A pecuária apresentou um significativo crescimento com a construção da ferrovia, aumentando, então, suas exportações, contudo o setor mais favorecido com o advento da ferrovia foi a agricultura. Em 1920, Goiás se destacava na produção de milho, cana-de-açúcar e foi o quarto maior produtor de arroz do Brasil, porém a ferrovia atendia apenas a parte sul do Estado deixando a região norte desprovida.

Na década de 60, surgiram as indústrias com capital internacional para a produção de insumos básicos, voltadas à agricultura, como, por exemplo, as máquinas, os implementos agrícolas, os fertilizantes e os adubos químicos. Esse setor presumia um crescente mercado consumidor para o comércio brasileiro, ao contrário do que ocorreu na primeira metade do século XX, enquanto o mercado nacional enxergava as empresas internacionais, que atuavam aqui como mercado secundário.

Entretanto, os agricultores foram submetidos ao consumo de máquinas, implementos agrícolas e insumos, tudo isso devido à conjuntura desigual de competição da agricultura nacional. Na agropecuária, em Goiás, surgia uma diversidade de complexos agroindustriais. O Brasil, em 1965, criou um sistema de financiamento de crédito rural, que ofereceu empréstimos ao longo de toda a década de 70, isso foi um incentivo para os agricultores instituírem a chamada industrialização da agricultura. De acordo com Santos (1998), os reflexos da modernização da agricultura começam a se concretizar nas décadas de 70 e 80 com a realização de ações do Governo por meio de programas de incentivo agrícola

Em 1999, os municípios de Rio Verde, Jataí, Mineiros, Cristalina e Chapadão do Céu representavam juntos 1/5 de todo o PIB agropecuário goiano. Conforme o IMB (2017), “Sem dúvida, a mudança e o crescimento da importância de alguns produtos na agricultura goiana trouxeram, na esteira do processo, novos municípios entre os destaques da agropecuária”. Com o aumento da população na zona rural, a agricultura obteve maior importância, incluindo novos municípios, como descrito na Tabela 1.

Municípios	1985	Municípios	1996	Municípios	1999
Rio Verde	4,3	Rio Verde	4,2	Rio Verde	7,1
Quirinópolis	3,3	Goiatuba	3,1	Jataí	6
Itubiara	2,3	Jataí	3	Mineiros	3,9
Nova Crixás	2,1	Barro Alto	2,5	Cristalina	2,7
Goiatuba	1,7	São Miguel	2,4	Chapadão do céu	2,5
Total	**13,7**	**Total**	**15,2**	**Total**	**22,2**

Tabela 1 – Participação relativa do PIB agropecuário municipal em Goiás (em %)
Fonte: IMB (2017).

1.1 A soja no Cenário Nacional e em Goiás

O sistema agroindustrial da soja é um dos mais expressivos na economia brasileira, destacando-se como um dos mais organizados do agronegócio. A soja desempenha papel relevante na indústria alimentícia, no tocante à produção de rações, de óleos e de outros produtos. A importância da soja na economia nacional pode ser constatada nos números, tanto que, em 2019, o faturamento foi de R$ 457,1 bilhões das lavouras brasileiras, e o Valor Bruto de Produção (VBP) da soja correspondeu a R$ 154,0 bilhões (mais de 1/3 do total), com a exportação de 14,5%, como indicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2020).

Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Brasil, em 2020 possuía uma área agrícola de 65,9 milhões de hectares, com destaque para a soja, que preenche mais de 50% da área brasileira de grãos. A solidez e a evolução do mercado da soja e seus derivados, aliados à conjuntura da cadeia produtiva com as soluções tecnológicas, têm criado um contexto favorável para a expansão da cultura em todas as regiões brasileiras, e em especial a do Centro-Oeste, com uma safra entre 2019/2020 de 60,7 milhões de toneladas, representando 48,6% do total do Brasil.

Esse cenário mostra a transformação que ocorreu no campo a partir da Revolução Verde no início dos anos de 1970, com a expansão da agricultura por meio da utilização dos meios tecnológicos, baseados no tripé: pesquisa – assistência técnica – crédito rural. A principal vantagem trazida pela Revolução Verde foi o ganho de eficácia na produção agrícola, que suscitou o aumento de produtividade em diversas lavouras, com destaque para os cereais e para os grãos, como a soja e o milho. Entre as desvantagens desse processo, houve a expulsão de pequenos proprietários e trabalhadores rurais do campo. Nascimento (2016, p.18) aborda que

> A Revolução Verde foi um amplo programa baseado em ações de pesquisa e desenvolvimento, idealizado para aumentar a produtividade agrícola no mundo por meio melhoramento genético de sementes e do melhoramento do ambiente, com o uso intensivo de insumos agrícolas ou industriais.

Nesse contexto, o Estado de Goiás, por ter uma geografia e clima favoráveis à agricultura, não ficou isento dos efeitos da Revolução Verde na busca da produtividade e do desenvolvimento do agronegócio, em especial a soja. A partir de 1969 e 1970, a produção contava com apenas 10 mil toneladas ao ano. Nas décadas seguintes, a soja teve um crescimento na produção em quase todos os municípios goianos e seu cultivo veio junto com a modernização da agricultura.

As empresas de pesquisa agropecuária em Goiás foram imprescindíveis nesse processo, tornando mais eficaz toda a produção. A soja exigia técnicas mais modernas de plantio, preparo do solo e manuseio de maquinário. Na época, onde não havia nenhuma adaptação do plantio da soja com o clima do Estado, a produção não ia além de 900 kg/ha; todavia, no ano de 1979, quando a agricultura se modernizou, passou-se a produzir 1.849 kg/ha.

Goiás se inseriu muito bem nesse processo, seja pela localização geográfica ou com o surgimento de políticas públicas, gerando um efeito potencial no agronegócio nacional. A partir de 2006, a agricultura e a pecuária no território goiano aumentaram exponencialmente, chegando a representar 7% de todo o PIB agropecuário brasileiro. No período de 2002 a 2012, em termos de financiamento da agropecuária, Goiás tomou a dianteira, ficando acima do Mato Grosso. Isso se deu porque todo o processo de financiamento foi direcionado para apenas seis estados brasileiros, concentrando mais de 70% de todo o crédito do Sistema Nacional do Cadastro Rural (SNCR). Tais dados foram um indicativo de que a agropecuária voltada ao mercado não havia alcançado todo o território nacional, limitando-se a poucas regiões.

A soja é a cultura que requer maior custeio da produção, seguida do milho e do algodão. Na agricultura, apenas a aquisição de equipamento e maquinário corresponde a 70% dos investimentos. Recentemente, no período de 2002 a 2014, Goiás continuou seu processo de crescimento na agropecuária nacional.

Por fim, percebe-se que a inserção de Goiás na economia nacional como exportador não se deu por acaso, e sim ao longo de um processo bastante penoso aliando ações políticas e institucionais, tendo como elemento principal desse sucesso a agropecuária voltada para o mercado.

1.2 O atual cenário das redes de transportes em Goiás

1.2.1 RODOVIA

A malha rodoviária em Goiás possui 28 mil quilômetros das quais 53% são pavimentadas e 1.278,7 quilômetros são duplicadas, sendo 60% rodovias federais e 40% estaduais. As principais rodovias são: BR-153, categorizada como rodovia longitudinal, que liga do norte ao sul do país; BR-060, categorizada como rodovia radial, ligando a capital do país em direção aos extremos - liga Goiânia a Brasília e o sudoeste goiano; e a BR- 050, categorizada como radial, ligando da capital Federal ao sul do Brasil (CNT 2019).

1.2.2 FERROVIA

A ferrovia Centro-Atlântica (FCA) tem 7.080 km de extensão, e Goiás dispõe de 685 km da ferrovia, que passa pelo sudeste do Estado e no Distrito Federal. É a principal ferrovia que liga Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, faz ligação também entre os portos de Vitória - ES, Santos - SP, Angra dos Reis - RJ, Salvador - BA e o porto seco de Anápolis - GO. Compreende-se, então, que essa ferrovia

> É um grande corredor de importação e exportação de produtos para Goiás como: açúcar, adubos e fertilizantes, derivados de petróleo e álcool, produtos siderúrgicos, soja e farelo de soja, fosfato, ferro-gusa, minérios, contêineres de carga geral. (IMB, 2018).

Outra Ferrovia que Goiás dispõe é a Norte/Sul (FNS), que entrou em operação em 1987, com 1.550 km de extensão de Açailândia/MA a Anápolis/GO. Em 2006, a ferrovia sofreu uma ampliação, estendendo-se mais ao norte de Açailândia/MA a Barcerena/ PA, sendo, em 2008, mais uma vez ampliada, indo até a cidade Panorama/SP.

1.2.3 HIDROVIA

A principal hidrovia em Goiás é a Tietê-Paraná, que faz integração entre São Simão-GO e Pederneiras (SP), possuindo 2.400 km de percurso. O porto de São Simão localiza-se no Rio Paranaíba, ao sul de Goiás. Os principais produtos transportados por meio do porto são: soja, milho, farelo de soja, madeira, carvão, adubo e areia. Grande parte da produção a ser exportada por Goiás passa pelo porto de São Simão. O complexo do porto possui capacidade de armazenagem de 2,506 milhões de toneladas no ano. (DIONIZIO *et al.*, 2003).

A Hidrovia Tietê-Paraná está situada em uma área econômica ativa e contém um conjunto de eclusas em cascatas que une lagos situados no Rio Tietê, Paraná, Paranaíba, os rios Grandes e Paranapanema. A hidrovia tem gerado para Goiás uma integração econômica entre o Estado e outras regiões por meio do porto de São Simão; a ligação que ela proporciona é importante para a demanda dos produtos agrícolas. Nos últimos anos, Goiás apresentou um aumento na sua produção, havendo necessidade de escoamento desses produtos para o Sudeste e Porto de Santos, atingindo demandas internacionais. A hidrovia, no entanto, cumpre um papel fundamental na economia de Goiás. (OLIVEIRA, 2018).

2 Logística e pesquisa operacional

2.1 Logística

"Amadores discutem tática e estratégia, profissionais discutem logística". De acordo com Arbache *et al.* (2011), essa frase foi utilizada por diversos autores ao longo do tempo e carrega em si o peso e a importância da logística e as atividades com ela envolvidas, sendo dita em 2003 por James Roche, então secretário da Força Aérea dos Estados Unidos da América.

Nesse sentido, esses autores comentam que a logística passou a ser vista como uma arma estratégica e competitiva na criação de valor, devido ao desenvolvimento dos mercados consumidores e clientes mais exigentes em relação aos serviços e não somente ao preço de ponta na venda. Essa demanda mais rigorosa almeja a disponibilidade dos produtos como um fator de preferência e diferenciação perante os produtos da concorrência.

A publicação Corredores Logísticos Estratégicos (2017), do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, atualmente chamado Ministério da Infraestrutura, apresenta um estudo das matrizes de origem e destino das produções, além de exportações da soja e milho no Brasil. O relatório aponta que, em 2015, Goiás produziu 8,6 milhões de toneladas de soja, sendo 3,2 milhões de toneladas destinadas à exportação. A matriz aponta também que o Centro Oeste produziu 43,9 milhões de toneladas de soja, sendo 21,4 milhões de toneladas destinadas à exportação, representando 48,7% do total da produção. Do volume de exportação, 13,7 milhões de toneladas têm fluxo para o Porto de Santos, representando 64% do volume de exportados para a costa paulista, evidenciando a importância desse fluxo de escoamento.

O relatório ainda define que existem nove corredores logísticos estratégicos sendo utilizados para o escoamento e a exportação da soja e seus derivados atualmente no Brasil, e dentro desses nove corredores existem 41 principais rotas logísticas. Juntos, esses corredores somam aproximadamente 37 mil quilômetros de estrutura viária utilizável, dividida entre os mais diversos meios de transporte.

A Figura 1, a seguir, apresenta a divisão dos três principais modos de transporte para as transações logísticas de soja nas diferentes regiões do país em relação aos corredores logísticos estratégicos em 2017, mostrando o claro desequilíbrio dos modos de transporte na estrutura viária, tendo o modo rodoviário como predominante. Apesar do desequilíbrio, o corredor Sudoeste possui uma divisão menos concentrada podendo, assim, obter uma vantagem competitiva.

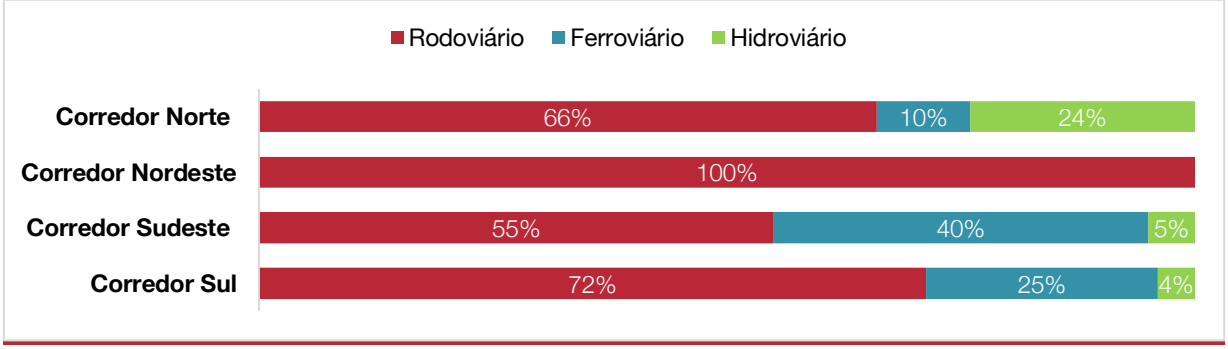


Figura 1 – Divisão modal (km) dos Corredores Logísticos Estratégicos.
Fonte: Corredores Logísticos Estratégicos Vol. I Complexo Soja e Milho (2017).

Por meio dos dados percentuais dos modos de transportes apresentados na Figura 1, percebe-se a clara concentração do modo rodoviário em detrimento dos outros, além de evidenciar a soja como concentradora de volumes entre os graneis transportados.

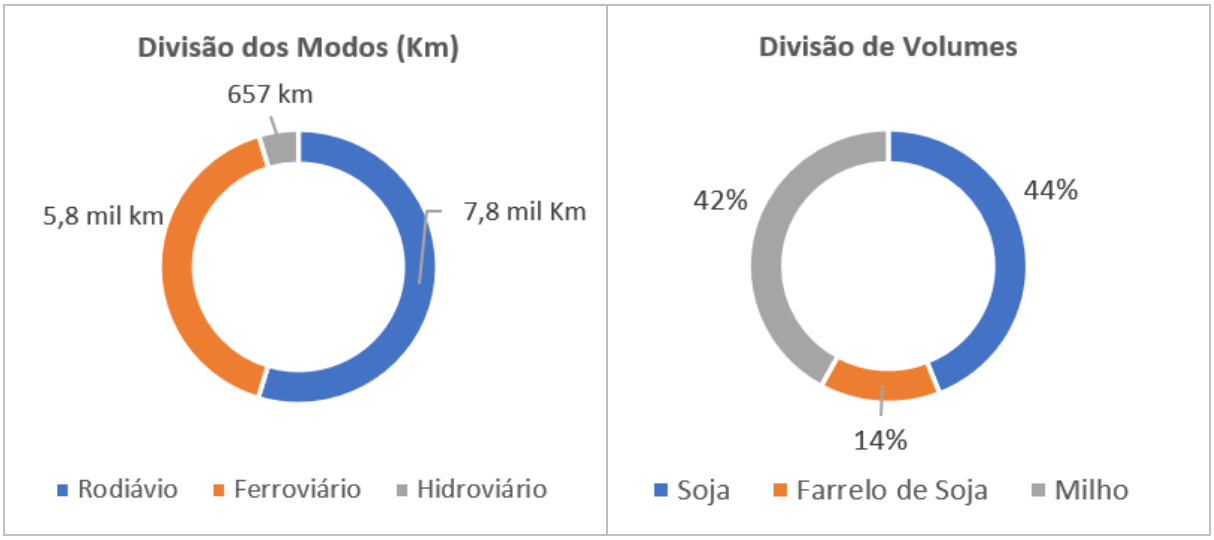


Figura 2 – Divisão dos modos de transportes e volumes de graneis transportados
Fonte: Corredores Logísticos Estratégicos Vol. I: Complexo Soja e Milho (2017).

O Relatório de Corredores Logísticos de 2017 aponta que o Corredor Sudoeste é muito utilizado para o escoamento da soja em Goiás, sendo um dos principais corredores que mais recebem fluxo de soja como um todo, junto com o Corredor Sul, que possui rotas com integração de três modos de transportes: rodoviário, ferroviário e hidroviário.

De acordo com o estudo desse relatório, a utilização da intermodalidade com dois ou mais modos de transporte, passa a ser uma solução logística, com capacidade de aproveitar os diferentes benefícios provenientes dessa combinação e contribuir para a redução de custos operacionais e melhoria nos resultados

financeiros de toda a cadeia produtiva, desde a aquisição da matéria-prima passando pelas indústrias, até o consumidor final.

2.2 Pesquisa operacional

A pesquisa Operacional (PO) ou Programação Operacional, segundo Andrade (2015, p.1), é "um ramo da ciência administrativa que fornece instrumentos para análise de decisões" e tem o potencial de resolver diversos problemas mediante modelagens matemáticas como uma ferramenta de análise e preparação de decisões.

Com as mudanças constantes no âmbito comercial, as operações das organizações e seus processos precisam constantemente de inovações e implementações que otimizem seus resultados. Essa demanda por melhorias abre espaço para que novas abordagens sejam estudadas e testadas, onde o processo de identificação de oportunidades ou problemas precisa de uma decisão, seja ela para o avanço ou declínio da proposta.

Atualmente, existe uma infinidade de técnicas que buscam solucionar problemas de otimização, tendo elas como finalidade o planejamento e a visualização da coordenação das operações. Diversos *softwares* e plataformas podem ser utilizadas para a resolução das técnicas de otimização e entre as mais conhecidas e utilizadas pode-se citar o suplemento contido no software *Excel*, o *Solver*. Esse suplemento é bastante utilizado para o teste de hipóteses e busca encontrar um valor ideal para uma formulação em uma das chamadas células, para que se tenha a solução ideal respeitando restrições e/ou limites imputados nas células das planilhas.

Já o Dev-C++ ou Dev-Cpp é um software de ambiente integrado livre, que faz uso de compiladores do projeto GNU, o qual compila programas para o sistema operacional *Microsoft Windows*. Faz-se uso das linguagens de programação C e C++, possuindo biblioteca ANSI C. Por meio desse programa é possível integrar modelos matemáticos de programação linear na criação de algoritmos, utilizando-se linguagem C ou C++ e obedecendo às variáveis de decisão função objetiva e às restrições do modelo.

Um modelo de programação linear é basicamente uma representação matemática da realidade e para modelá-lo é preciso entender qual objetivo do problema, as restrições em que o sistema está inserido, quais as variáveis de decisão envolvidas e qual o tipo de otimização desejada, como, por exemplo, a maximização ou a minimização.

O Problema de Transporte é um caso especial de Programação Linear e deve atender às seguintes condições:

- Tem como objetivo maximizar ou minimizar a função objetivo;
- As restrições devem ser equações de igualdade;

- Todas as variáveis (xi) devem ser positivas ou nulas (condição de não-negatividade); e
- Os termos independentes (bi) de cada equação devem ser não-negativos.

3 Materiais e métodos

Com o objetivo de aproveitar as vantagens da intermodalidade no escoamento da soja no Estado de Goiás, o modelo matemático será formulado e aplicado conforme os modelos desenvolvidos por Silva e Marujo (2012) e Belfiore e Faveiro (2013), utilizando o *software Excel e DEV-C++*. No *Excel*, serão usadas a ferramenta *Solver* e o método de resolução LP *Simplex,* minimizando a função objetivo. No *DEV-C++*, será realizado um algoritmo na linguagem de programação C, obedecendo à minimização dos custos e às restrições propostas no modelo matemático; por fim, será realizado um comparativo dos custos das rotas utilizando as duas ferramentas.

O modelo fornece ao usuário a definição da quantidade de locais de origem, locais de destino e locais de transbordos (intermediários). Nesse modelo, a capacidade de produção dos fornecedores é infinita e a demanda se caracteriza inferior a essa capacidade. Os meios de transportes utilizados foram: rodoviário, ferroviário e hidroviário.

Conforme Silva e Marujo (2012), para cada meio de transporte, foi concedido um número de frequência máxima. Para não ocorrer a situação de um dos meios de transporte ser utilizado entre dois locais aleatórios, inseriu-se uma frequência nula. Para cada modo de transporte foram descritos o custo unitário de transporte, o custo de armazenamento, a capacidade de carga transportada, a distância entre os trechos, a capacidade de armazenamento nas cidades intermediárias e a demanda do porto de Santos/SP, variáveis retiradas dos trabalhos de Reis, J. G. M; Toloi, C. R; Júnior, F. M. (2015), Caramuru (2018) e Canal Rural (2020).

Para a realização das etapas metodológicas, foram utilizadas as principais fases de um estudo de PO, descritas por Hillier e Lieberman (2006), sendo elas:

ETAPA 01 → Definição do problema e coleta de dados

ETAPA 02 → Formulação do modelo matemático para representação do problema

ETAPA 03 → Desenvolvimento de um procedimento computacional a fim de encontrar soluções para o problema

ETAPA 04 → Testagem do modelo e aprimoramento, se necessário

ETAPA 05 → Implementação do modelo.

Levando em consideração os custos de transportes e a sua minimização junto às variáveis de decisão que foram caracterizadas, a equação 1.1 apresenta a função objetivo.

$$\sum_{m\epsilon M}\Big(\sum_{i\epsilon L}\sum_{j\epsilon J} A_{i,j,m} * P_{i,j,m} * R_{i,j,m} + \sum_{j\epsilon J}\sum_{u\epsilon J} B_{j,u,m} * H_{j,u,m} * Z_{j,u,m} \sum_{u\epsilon J}\sum_{k\epsilon K} O_{u,k,m} * Q_{u,k,m} * S_{u,k,m}\Big) \quad (1)$$

A restrição 01 apresentada nas equações 1.2 e 1.3, a seguir, asseguram que não sejam ultrapassadas as capacidades de armazenagem nos locais de transbordos.

$$\sum_{m\epsilon M}\Big(\sum_{i\epsilon L} P_{i,j,m} * R_{i,j,m} - \sum_{j\epsilon J} H_{j,u,m} * Z_{j,u,m}\Big) \leq E_j \quad (2)$$

$$\sum_{m\epsilon M}\Big(\sum_{u\epsilon J} H_{j,u,m} * Z_{j,u,m} - \sum_{k\epsilon K} Q_{u,K,m} * S_{u,k,m}\Big) \leq Y_u \quad (3)$$

A restrição 02 exposta na equação 1.4 certifica que a demanda dos portos seja suprida.

$$\sum_{m\epsilon M}\Big(\sum_{u\epsilon J} Q_{u,k,m} * S_{u,k,m}\Big)\ F_K, \forall\ k\epsilon K \quad (4)$$

A restrição 03 exibida na equação 1.5 assegura que seja transportada carga suficiente para suprir a demanda desde o local de origem.

$$\sum_{m\epsilon M}\Big(\sum_{j\epsilon J} P_{i,j,m} * R_{i,j,m}\Big) \geq \sum_k F\ '\forall\ k\epsilon K \quad (5)$$

As restrições 04, 05 e 06 expressas nas equações 1.6, 1.7 e 1.8 respectivamente garantem que o volume da soja transportada não ultrapasse a capacidade da frota.

$$0 \leq R \leq C_{i,jm}, \forall\ i \epsilon L\ ;\ \forall\ j \epsilon J;\ \forall\ m \epsilon M \quad (6)$$

$$0 \leq Z \leq D_{j,u,m},\quad \forall\ j\ \epsilon J\ ;\ \forall\ U\ \epsilon J;\ \forall\ m\ \epsilon M \quad (7)$$

$$0 \leq S\ \leq\ W_{u,k,m,} \forall\ U\ \epsilon J\ ;\ \forall\ K\ \epsilon k;\ \forall\ m\ \epsilon M \quad (8)$$

A restrição 07 indicada na equação 1.9 propicia que a frequência das viagens seja um número inteiro.

$$P_{i,j,m}\ H_{j,u,m}\ \ Q_{u,k,m}\ \ \epsilon \{1,2,\dots, inteiro\}\ \forall\ i\ \epsilon\ L\ ;\ \forall\ j\ \epsilon J;\ \forall\ u\ \epsilon J;\ \forall\ m\ \epsilon M \quad (3)$$

Legenda das unidades que compõem as equações:

L - locais de produção da soja;

K - portos;

M - meios de transportes;

J - grupos de locais intermediários;

i - local de origem com *i* ϵ L;

j - local de transbordo com *j* ϵ J;

u - local de transbordo com *u* ϵ J;

k - porto de destino com *k* ϵ K;

m - *m*eio de transporte com *m* ϵ M;

Representatividade das variáveis de decisão:

$A_{i,j,m}$ - custo unitário de transporte da origem (*i*) ao local de transbordo (*j*) por meio do modal (*m*);

$B_{j,u,m}$ - custo unitário de transporte do local de transbordo (*j*) ao local de transbordo (*u*) por meio do modal (*m*);

$O_{u,k,m}$ - custo unitário de transporte do local de transbordo (*u*) ao porto de destino (*k*) por meio do modal (*m*);

$C_{i,jm}$, - volume máximo transportado por cada modal da ligação (*i, j*) por meio do modal (*m*);

$D_{j,u,m}$ - volume máximo transportado por cada modal da ligação (*j,u*) por meio do modal (*m*);

$W_{u,k,m,_}$ volume máximo transportado por cada modal da ligação (*u,k*) por meio do modal (*m*);

E_j - volume máximo de soja estocada que o local de transbordo comporta (*j*);

Y_u- volume máximo de soja estocada que o local de transbordo comporta (*u*);

$R_{i,j,m}$ - volume de soja transportado na ligação (*i, j*) por meio do modal (*m*);

$Z_{j,u,m}$ - volume de soja transportado na ligação (*j, u*) por meio do modal (*m*);

$S_{u,k,m}$ - volume de soja transportado na ligação (*u, k*) por meio do modal (*m*);

F_K - demanda no porto de destino (*k*);

Propósito:

$P_{i,j,m}$ - frequência de viagens por mês na ligação (*i, j*) por meio do modal (*m*);

$H_{j,u,m}$ - frequência de viagens por mês na ligação (*j, u*) por meio do modal (*m*);

$Q_{u,k,m}$ - frequência de viagens por mês na ligação (*u, k*) por meio do modal (*m*).

A cidade de origem escolhida foi Rio Verde/GO por possuir histórico de produção do grão. As cidades intermediárias foram: São Simão/GO, que dispõe da hidrovia Tietê-Paraná e do armazém Caramuru Alimentos (2018); e Pederneiras/SP, que dispõe de armazéns da Caramuru Alimentos e da ferrovia companhia paulista, que atualmente é administrada pela Rumo S.A.

A outra cidade intermediária escolhida foi Anhembi/SP, que também possui armazéns da Caramuru Alimentos, e o destino selecionado foi o porto de Santos/SP, que detém histórico de exportação da soja. Ao total, foram definidas cinco rotas diferentes fazendo-se uso das redes de transportes rodoviária, hidroviária e ferroviária, apresentadas nas Figuras 3 a 7, a seguir.



Figura 3 – Itinerário rota 01
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 4 – Itinerário rota 02
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 5 – Itinerário rota 03.
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 6 – Itinerário rota 04.
Fonte: elaborado pelos autores



Figura 7 – Itinerário rota 05.
Fonte: elaborado pelos autores

4 Resultados

O modelo metodológico foi executado, obtendo-se, assim, os resultados conforme o esperado, com frequência de utilização do modo de transporte e o custo total da rota por tonelada transportada do modal mais eficiente. As Tabelas 2 a 6 se referem aos resultados obtidos a partir do modelo matemático executado no *Excel.*

Rota 01	Frequência das viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Hidroviário	665	60,76
Ferroviário	1.422	

Tabela 2 - Rota 01 resultados software Excel
Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 02	Frequência das viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Hidroviário	665	68,86
Rodoviário	79.780	

Tabela 3 - Rota 02 resultados software Excel
Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 03	Frequência de viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Rodoviário	79.780	83,71
Rodoviário	79.780	

Tabela 4 - Rota 03 resultados software Excel
Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 04	Frequência de viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Hidroviário	665	60,14
Rodoviário	79.780	

Tabela 5 - Rota 04 resultados software Excel
Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 05	Frequência de viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Rodoviário	79.780	78,02
Rodoviário	79.780	

Tabela 6 - Rota 05 resultados software Excel
Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com os resultados obtidos pelo modelo executado no Excel, destaca-se o modal para cada rota pesquisada: a rota 01 em comparação com a rota 02 obtém vantagem de custo, possuindo uma diferença de R$ 7,84 por tonelada; a rota 01 em comparação com a rota 03 possui vantagem de R$ 22,95 por tonelada; a comparação da rota 02 em relação à rota 03 possui uma diferença de R$ 14,85 reais por tonelada; e entre as rotas 04 e 05 verifica-se uma distinção de R$ 17,88 reais por tonelada.

Nota-se que a rota 03 e a rota 05, que fazem uso apenas do modo rodoviário, são as mais caras em termos de custos de transporte. A rota 01, que possui como uma das cidades intermediárias Pederneiras/SP, é a mais barata, obtendo vantagens econômicas em relação às demais, por escoar a soja utilizando três diferentes modos de transportes (rodoviário, hidroviário e ferroviário). A rota 04, que possui como uma das cidades intermediárias Anhembi/SP, é mais barata em relação à rota 05, que dispõe apenas do modo rodoviário.

As Tabelas 7 a 11, a seguir, apresentam os resultados obtidos no algoritmo compilado no *software Dev-C++* e os custos que são dados por tonelada.

Rota 01	Frequência de viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.801	
Hidroviário	666	60,82
Ferroviário	1.424	

Tabela 7- Rota 01 resultados software Dev-C++
Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 02	Frequência de viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Hidroviário	665	68,87
Rodoviário	79.800	

Tabela 8 - Rota 02 resultados software Dev-C++
Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 03	Frequência de viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.781	
Rodoviário	79.781	83,71
Rodoviário	79.781	

Tabela 9 - Rota 03 resultados software Dev-C++
Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 04	Frequência de viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.781	
Hidroviário	665	60,15
Rodoviário	79.800	

Tabela 10 - Rota 04 resultados software Dev-C++
Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 05	Frequência de viagens	Custo total da rota (R$) / tonelada
Rodoviário	79.781	
Rodoviário	79.781	78,01
Rodoviário	79.781	

Tabela 11 - Rota 05 resultados software Dev-C++
Fonte: elaborado pelos autores.

Conforme os resultados do problema de transportes elaborado no *Dev-C++,* a rota 01 em comparação à rota 02 apresentou uma diferença de R$ 8,05 por tonelada. Em relação à rota 03, a rota 01 possui vantagem de R$ 22,89 por tonelada. Ao se comparar a rota 02 com a rota 03 percebe-se uma diferença de R$ 14,84 por tonelada. Por último, a rota 04 em relação à rota 05 encontra-se em vantagem de R$ 17,86 por tonelada.

No *Dev-C++,* as rotas que detiveram os maiores custos foram a 03 e 05 e a de menor custo foram a 01 e 04, sendo notável a diferença de custo das rotas 03 e 05, que fazem uso exclusivo do modo rodoviário em relação às rotas 01, 02 e 04, que fazem uso da intermodalidade disponível no percurso da simulação.

A Tabela 12, a seguir, mostra a comparação dos custos obtidos pelos dois s*oftwares* empregados neste trabalho e apresenta os custos finais pela unidade de reais por tonelada.

Software	Rota 01	Rota 02	Rota 03	Rota 04	Rota 05
Excel	60,76	68,86	83,71	60,14	78,02
Dev-C++	60,82	68,87	83,71	60,15	78,01
Diferença R$/t	0,06	0,01	0	0,01	0,008

Tabela 12 - comparação dos custos obtidos no Excel e Dev-C++
Fonte: elaborado pelos autores.

Pôde-se perceber que o modelo desenvolvido no *software Dev-C++* não apresentou custos exatamente iguais - na maior parte dos cenários - em relação aos custos do *Software Excel,* isso se deve ao fato que o *Excel* possui a ferramenta *Solver* e o mecanismo *LP Simplex* de minimização de custos. Assim, as frequências de viagens obtidas dadas no *Excel* não foram números inteiros para o transporte hidroviário e ferroviário sendo necessário arredondá-los, ou seja, em cada frequência, o modo de transporte de cada trecho realizou o percurso em sua capacidade máxima de carga.

Já o *software Dev-C++* não possui a ferramenta *Solver* e o mecanismo de minimização de custos *LP Simplex*. Desse modo, as frequências dadas foram números inteiros, permitindo que em cada trecho o modal possa percorrer sem ser em sua capacidade máxima de carga para suprir a demanda do porto de Santos/SP, o que, consequentemente, aumenta as frequências em relação ao *Excel.*

Considerações finais

A intermodalidade já é bem reconhecida como uma forma de se reduzir os custos de transportes no escoamento dos produtos. A hipótese básica proposta para este trabalho foi o de compreender como a intermodalidade poderia ser aplicada como forma de obtenção de vantagens competitivas no escoamento da soja em Goiás. Para isso foi construído um modelo de escoamento da soja em Goiás com a utilização de técnicas da Programação Linear.

O processamento dos modelos construídos revelou que as rotas onde o transporte foi realizado com a intermodalidade obtiveram um potencial de economia médio de quase R$ 39 milhões de reais. Em termos percentuais, a diferença média de economia potencial para o cenário analisado foi de 21,56% a menos nos custos de transporte, o que significa uma vantagem competitiva de aproximadamente 21% no preço de ponta ou contribuição nos resultados financeiros e contábeis, caso fossem aplicados elementos de intermodalidade

Portanto, os resultados encontrados revelaram que o uso da intermodalidade no escoamento da soja em Goiás apresentou vantagens econômicas em relação ao transporte utilizando apenas o modo rodoviário. As empresas buscam cada vez mais formas de encontrar competitividade perante seus concorrentes para garantir uma rentabilidade para seus negócios, e, nessa perspectiva, a modelagem matemática em diferentes ambientações computacionais, por meio de simulações, pode auxiliar em uma tomada de decisão mais assertiva.

Referências

ANDRADE, E. L. *Introdução à Pesquisa Operacional*: Métodos e Modelos para Análise de Decisões. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ARBACHE et al. *Gestão da Logística, Distribuição e Trade Marketing* - 4ª ed. - Rio de Janeiro: Editora FGV, 2011.

ASSIS, F. R. W. *Estudos de história de Goiás*. 3ª. ed. Goiânia: editora palavrear livros, 2018, v. 01, 172 p.

BELFIORE, P; FÁVERO, L.P. *Pesquisa Operacional*: para cursos de engenharia. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier editora, 2013. v. 01. 545 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)*. 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Acesso em: 28 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro*. 2020b. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 17 fev. 2020.

CANAL RURAL. *Soja: quase 30% das exportações em junho saíram pelo porto de Santos*. Dados da SECEX. Julho/2020. Disponível em <https://url.gratis/FKqTn> Acesso em: 19 nov. 2020.

CARAMURU ALIMENTOS. *Fluxo logístico Caramuru*: hidrovia Tietê-Paraná e hidrovia do Tapajós-Amazonas. 2018. Disponível em <https://url.gratis/CdwM3>. Acesso em: 19 nov. 2020.

CASTILHO, D.F.C. *Decadência do ouro. Conjunto documental*: Goiás. Ministério do Império. Ofícios dos Presidentes. Vila Boa. Novembro 1813.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Brasil - Série Histórica de Área Plantada, Produção e Produtividade Safras 1976/77 a 2019/20*. Maio/2020. Disponível em: <https://url.gratis/tqCcE>. Acesso em: 10 maio 2020.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Safra 2018/19 - N. 9 - Nono levantamento. 2019*. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 14 mar. 2020.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. *Pesquisa CNT de rodovias 2019*: Relatório Gerencial Brasília, 2019, 238p. Disponível em <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencial>. Acesso em: 03 abr. 2020.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. *Anuário CNT do Transporte* – Estatísticas Consolidadas. Brasília: CNT, 2020. 13-14 p.

DIAS, M. A. *Como é o atual cenário da intermodalidade no Brasil?* Disponível em <https://url.gratis/26ERr>. Acesso em: 14 mar. 2020.

DIONIZIO. E. C. P; SILVEIRA. I. P; JÚNIO. J.A. *A Importância do Porto de São Simão-GO para a economia goiana*. Goiâna. Disponível em <https://url.gratis/HIuB9>. Acesso em: 01 maio 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Diagnóstico da produção de soja nas macrorregiões sojícolas 2 e 3* / Marcelo Hiroshi Hirakuri... [et al.] editores técnicos. – Londrina: Embrapa Soja, 2020. 124 p. - (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 435).

HILLIER; LIEBERMAN. *Introdução à pesquisa operacional*. 8ª Ed. São Paulo: editora de desenvolvimento Ada Santos Seles, 2006, v. 01. 850 p.

INSTITUTO MAURO BORGES. *Agropecuária goiana*: uma análise em perspectiva histórica. Goiânia, 2017, 50 p.

INSTITUTO MAURO BORGES. *Goiás visão geral 2018*. Goiânia, 2018, 25 p. Disponível em <https://url.gratis/Xd95m>. Acesso em: 03 abr. 2020

MARTINS, R. S. e CYPRIANO, L. A. *Logística Pública*: Discussão e Evidências dos Impactos dos Sistemas de Transportes para os Agronegócios Brasileiros e para o Desenvolvimento Regional. In: MOURA, A. D. e SILVA JÚNIOR, A. G. (Ed.). Competitividade do Agronegócio Brasileiro em Mercados Globalizados Viçosa, UFV, 2004. 262p.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. *Corredores Logísticos Estratégicos*: Complexo de Soja e Milho, Brasília: MTPA, 2017.

NASCIMENTO, P. P. *A trajetória da cooperação científica internacional da EMBRAPA*: do emparelhamento tecnológico (Catching-Up) com a revolução verde à liderança tecnológica na agricultura tropical / Petula Ponciano Nascimento. 2016.

OLIVEIRA, S.H. *A Hidrovia Tietê-Paraná e a Função do Complexo Portuário de São Simão para o Agronegócio em Goiás*. Dissertação (pós-graduação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

PALACÍM, Luís. *O Século do Ouro em Goiás*: 1722-1822 estrutura e conjuntura numa capitania de minas. 4. ed. Goiânia: Editora da UCG, 1994.

REIS, J.G.M; TOLOI, C.R; JUNIOR, F.M. Análise da viabilidade de custos do transporte de soja de Mato Grosso via hidrovia Tietê-Paraná. In: 1ª EINEPRO, 2015, São João da Barra-RJ. *Anais*: Hidrovia Tietê Paraná: análise dos custos logísticos e viabilidade econômico operacional. Ponta Grossa: Atena editora, 2018, p. 36-47

SANTOS, R.L. *A modernização da agricultura em Goiás na perspectiva da pesquisa agropecuária*. 1998. 176 p. Dissertação (pós-graduação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

SILVA, M.P; MARUJO, L.G. Análise de modelo intermodal para escoamento da produção da soja no Centro Oeste brasileiro. *Journal of Transport Literature*, Rio de Janeiro, v. 06, n. 03, p. 90-106, 2012.



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