

**TÓPICOS EM
CIÊNCIAS
EXATAS E
DA TERRA**

VOLUME VIII



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Marcos Pereira dos Santos

Tópicos em ciências exatas e da Terra

8ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

8ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Marcos Pereira dos
S237T Tópicos em ciências exatas e da Terra

/ Marcos Pereira dos Santos. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2025

84 f.: il

DOI: 10.37423/2025.edcl1114

ISBN: 978-65-5367-652-7

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. matemática 2. física 3. química 4. geociências 5. ciências-da-computação I. Santos, Marcos
Pereira dos II. Título

CDU: 30

<https://doi.org/10.37423/2025.edcl1114>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

Dr. Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

Dra. Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

CAPÍTULO 1	5
DA MATEMÁTICA A MÚSICA: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FRAÇÕES	
Fabiane Regina da Cunha Dantas Araújo	
Francisco das Chagas Araújo do Nascimento	
DOI 10.37423/250510022	
CAPÍTULO 2	10
O USO DO SOFTWARE GEOGEBRA EM SALA DE AULA: UMA BREVE INVESTIGAÇÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS POTENCIALIDADES EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA	
Victor Emanuel da Silva Souza	
Ivanildo Leite Batista	
Natanael Pessoa Lustoza	
Emanuel Abdalla Pinheiro	
DOI 10.37423/250610080	
CAPÍTULO 3	22
O ENSINO DE FRAÇÃO NOS ANOS INICIAIS: CONTRIBUIÇÕES PARA PROFESSORES QUE ENSINAM MATEMÁTICA	
Agda Isabele Gonsalves Honorato	
Rosemeire Roberta de Lima	
DOI 10.37423/250610091	
CAPÍTULO 4	36
ESTUDO DA LEI DE COULOMB USANDO PLATAFORMAS VIRTUAIS	
Herlon Dionatan da Purificação Dias	
Walter Duarte de Araújo Filho	
DOI 10.37423/250610094	
CAPÍTULO 5	55
ANÁLISE MULTICRITÉRIO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM UMA SUB-BACIA DO ALTO RIO DESCOBERTO - DISTRITO FEDERAL	
Arthur Ferreira de Andrade	
Wagner Santos de Almeida	
DOI 10.37423/250610097	
CAPÍTULO 6	73
CIÊNCIA E DISCURSO	
Guilherme de Berredo Peixoto	
DOI 10.37423/250610163	

Capítulo 1



10.37423/250510022

DA MATEMÁTICA A MÚSICA: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FRAÇÕES

Fabiane Regina da Cunha Dantas Araújo

Universidade Federal Rural do Semi - Árido

Francisco das Chagas Araújo do Nascimento

Universidade Federal Rural do Semi - Árido



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da Música, uma das manifestações culturais e artísticas mais importantes do homem, esteve sempre atrelado a Matemática. O desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, que permite aos computadores produzir, adquirir, armazenar e processar sinais musicais, aliado ao desenvolvimento de técnicas de Inteligência Computacional, fortemente baseadas em áreas de Matemática Aplicada tais como Estatística e Otimização, está trazendo novas formas de produzir, classificar e mesmo de ouvir música (CARVALHO, et al., 2012).

A matemática e a música caminham juntas desde a antiguidade. Para muitos, são áreas totalmente distantes, mas, na verdade, as sensações de prazer que sentimos ao ouvir música escondem cálculos subliminares (ABDOUNUR, 2002). Um exemplo disso, são as frações que podem ser empregadas na estruturação das notas musicais para compor uma melodia.

Há vários milênios, as relações entre a matemática e a música já podiam ser claramente identificadas: como no som produzido pela corda de um arco e flecha, na relação entre a frequência (mais ou menos grave) e as características da corda (tamanho, tensão e espessura), ou ainda, ao assoprar em um osso, como se fosse uma espécie de flauta, as diferenças entre os sons produzidos, depende do tamanho e do posicionamento dos buracos no osso (ABDOUNUR, 2002).

Muitos foram os matemáticos e físicos que sentiram essa analogia entre a Música e a Matemática como Pitágoras, Euler, Galileu, dentre tantos outros, da mesma forma que os músicos fizeram uso da Matemática para descrever suas artes e essa interação entre a Matemática e Música fez com que a linguagem musical fosse matematizada ao longo do tempo (LIMA, et al., 2020).

Segundo Abdounur (2002), o primeiro registro, de fato, associando matemática e música, ocorre por volta do século VI a.C. na Grécia Antiga, na Escola Pitagórica fundada por Pitágoras de Samos. Através de um instrumento de uma corda, os pitagóricos relacionaram intervalos musicais e o conceito de frações. Este instrumento foi denominado de monocórdio e era composto por uma única corda estendida entre dois cavaletes fixos sobre uma prancha ou mesa, possuindo um cavalete móvel colocado sob a corda para dividi-las em duas seções.

O monocórdio, ao ser tocado na modalidade “corda solta”, isto é, presa apenas pelas extremidades, produzia um som, uma nota musical que serviria de referência para que pudesse determinar as outras. As novas notas encontradas por ele foram determinadas a partir de proporções numéricas bem definidas (PEREIRA, 2013).

Diante dessa temática, este trabalho objetivou elaborar uma proposta didática envolvendo matemática e música, para a compreensão do ensino de frações e suas operações, baseado no experimento do monocórdio de Pitágoras, fazendo uso de um violão padrão de corda, bem como de materiais de baixo custo para realizar algumas medições. A sequência didática proposta neste trabalho tem como público alvo alunos do ensino fundamental.

METODOLOGIA

Abordou-se inicialmente, nesta proposta, uma revisão de literatura, evidenciando pontos relevantes sobre a temática estudada. A partir desta abordagem, foi desenvolvida uma atividade prática para inserir a música como um recurso metodológico no ensino de matemática fazendo uso de um violão, um lápis sextavado e uma fita métrica ou trena, a fim de adaptar o experimento do monocórdio de Pitágoras e, com isto, trabalhar em sala de aula alguns conteúdos envolvendo frações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade proposta inicia-se com a apresentação de um violão padrão de corda com 60 cm, bem como do material que será utilizado.

A partir daí, segue-se uma sequência de passos para a realização da atividade que deverá ser orientada previamente pelo professor.

O primeiro passo consiste na divisão de grupos em sala de aula, de maneira conveniente ao docente, com o intuito de que cada grupo realize a medição do comprimento da corda do violão da pestana ao cavalete. O segundo passo, consta na divisão da corda do instrumento, conforme razões determinadas a partir das notas da escala musical mais elementar: oitava (Dó), quinta (Sol) e quarta (Fá) às razões (1:2), (2:3) e (3:4), sendo a corda inteira representada pela razão (1:1). Nesta divisão, os grupos devem utilizar um lápis sextavado para auxiliar nas medições e percutir cada nota, isto é, para determinar a oitava nota deve-se colocar o lápis a 30 cm do cavalete na razão 1:2; para determinar a quinta coloca-se o lápis a 40 cm do cavalete na razão 2:3 e, por fim, para determinar a quarta coloca-se o lápis a 45 cm do cavalete na razão 3:4. O terceiro passo, consiste na realização de algumas operações envolvendo frações, a partir das medições anteriores. O quarto e último passo, consiste na determinação das demais notas da escala musical: Ré, Mi, Lá e Si, partindo das notas elementares trabalhadas anteriormente.

Ressalta-se que, este trabalho é uma sugestão de atividade a ser aplicada em sala de aula para auxiliar o processo de ensino aprendizagem, uma vez que, envolve a interdisciplinaridade entre matemática e música. A análise dos resultados obtidos só será possível mediante a aplicação dessa proposta aos estudantes envolvidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta didática apresentada neste estudo traz uma forma simples e prazerosa de se trabalhar a matemática numa temática interdisciplinar, envolvendo música. Para muitos, não existe ligação entre estas duas áreas, o que não é verdade. Para se compreender o ritmo musical com seus tempos e divisões, por exemplo, a matemática é primordial. Com base nisto, a sequência didática apresentada neste trabalho foi desenvolvida para o ensino fundamental, porém pode ser adaptada para o ensino médio.

Sugere-se que esta atividade seja aplicada em sala de aula, tendo o professor como intermediador, a fim de se investigar os possíveis resultados obtidos após sua realização e com isso fazer uma avaliação diagnóstica para identificar se o estudante assimilou o conteúdo trabalhado.

Palavras-chave: Notas Musicais, Recurso Metodológico.

REFERÊNCIAS

ABDOUNUR, O. J. Matemática e Música - O pensamento analógico na construção de significados. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

CARVALHO, P. C, et al. Métodos matemáticos e computacionais em música, VISGRAF IMPA, SBMAC 2012.

LIMA, R. L; GOMES, A. C. R.; OLIVEIRA, O. T. B. A Música como Proposta de Atividade Pedagógica no Ensino de Matemática. Pesq. Prát. Educ., v. 1, p. 1-19, 2020. ISSN: 2675-5149

PEREIRA, M. Matemática e Música - De Pitágoras aos dias de hoje – Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-graduação em Matemática PROFMAT da UNIRIO. Rio de Janeiro, 2013.

Capítulo 2



10.37423/250610080

O USO DO SOFTWARE GEOGEBRA EM SALA DE AULA: UMA BREVE INVESTIGAÇÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS POTENCIALIDADES EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA

Victor Emanuel da Silva Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras

Ivanildo Leite Batista

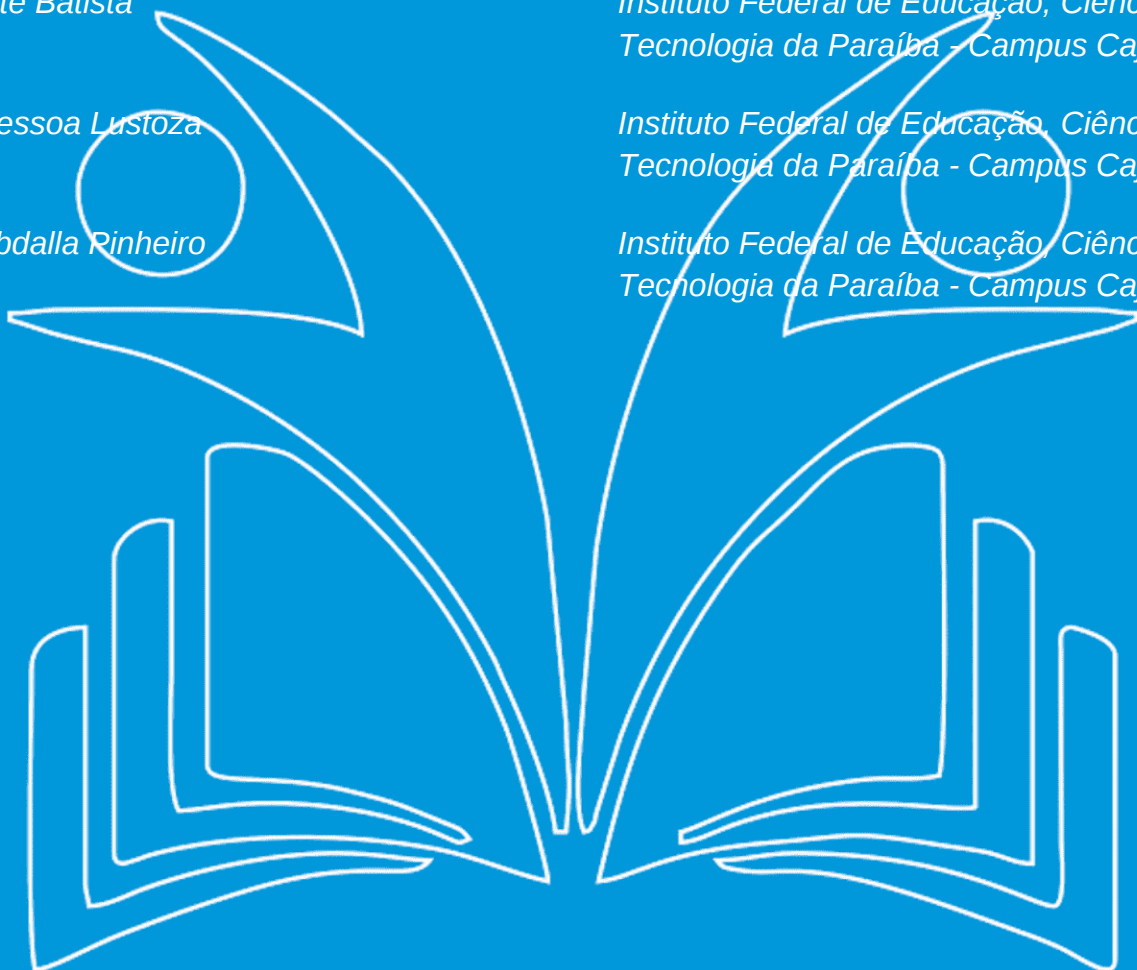
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras

Natanael Pessoa Lustoza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras

Emanuel Abdalla Pinheiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras



Resumo: O desenvolvimento da Matemática está intrinsecamente ligado à interação entre o ser humano e a natureza, sendo constantemente marcado por uma jornada de descobertas científicas que permitiram e ainda permitem com que o homem crie tecnologias para facilitar a construção de seus conhecimentos, sejam estes formulados por meio de pedras lapidadas ou de supercomputadores, ressignificando o processo de ensino e aprendizagem em torno de tal área do saber. Diante deste contexto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar algumas aplicabilidades educativas do *software* Geogebra voltadas para o ensino de matemática na educação básica, sobretudo no ensino fundamental II, que visam agregar, e não dificultar, a visualização e a compreensão de determinados assuntos muitas vezes considerados difíceis, como a variação dos coeficientes de gráficos de funções quadráticas, a formação de sólidos geométricos e figuras planas. Para tal fim, este artigo está estruturado em uma pesquisa de natureza básica, bibliográfica, exploratória e com uma abordagem qualitativa, embasado nas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e suas competências (gerais e específicas), com ênfase para algumas habilidades. Além disso, no tocante aos resultados e discussões levantadas, são destacadas diferentes utilizações do *software* Geogebra do 6º até o 9º ano levando em consideração as unidades temáticas da BNCC, evidenciando para cada ano uma sugestão de estratégia de ensino, fazendo com que os alunos se apropriem de uma visão integradora em relação ao uso de tecnologias em sala de aula numa perspectiva inclusiva, acessível e de engajamento curricular.

Palavras-chave: BNCC, Ensino, Geogebra, Matemática.

INTRODUÇÃO

O surgimento da Matemática está intrinsecamente ligado à interação entre o ser humano e a natureza, marcando uma jornada de descobertas/invenções que remonta a cerca de 3.500 a.C.. Nesse período, as necessidades práticas da vida cotidiana conduziram o homem a desenvolver conceitos matemáticos essenciais, como a contagem e a medição para suprir demandas associadas à engenharia, agricultura, arquitetura, economia e outras áreas do conhecimento. Mesmo na pré-história, os seres humanos utilizavam rudimentares sistemas numéricos para quantificar objetos, medir distâncias e representar valores.

No decorrer desse cenário histórico evolutivo, a ascensão de tecnologias digitais, como ferramentas de ensino e aprendizagem da Matemática, viabilizou e ainda viabiliza a construção de conhecimentos significativos a partir de uma perspectiva interativa, no sentido de que a Matemática pode ser “aprendida” quando seu manuseio é contextualizado e ressignificado no tempo e no espaço. Com base nisso, Homa e Groenwald (2020, p. 159) destacam que “[...] a criação de ambientes de aprendizagem dinâmicos, centrados no estudante [...] possibilitam o desenvolvimento das diferentes habilidades requeridas para uma aprendizagem de qualidade”, ou seja, favorece a promoção de um ensino norteado pela personalização, interação e colaboração, permitindo que os estudantes se tornem participantes ativos em seu próprio processo de aprendizagem.

O uso de tecnologias digitais no ambiente escolar, como o *software* Geogebra que é o recurso chave desta pesquisa, potencializa o ensino de Matemática e garante uma compreensão mais eficaz aos estudantes das noções abstratas de alguns objetos de conhecimento (conteúdos) que estão descritos na BNCC, fornecendo, por exemplo, ferramentas para o estudo de transformações geométricas e algébricas. Para Sengik, Valentini e Timm (2024, p. 4) “o uso de *softwares* educacionais em sala de aula pode impulsionar a aprendizagem, permitindo por meio de suas funções lúdica e educativa uma maior interação, motivação e autonomia do aluno”, dessa maneira, promovendo o desenvolvimento de habilidades críticas, reflexivas e de resolução de problemas.

Todavia, em relação aos desafios para a utilização desses recursos tecnológicos (os *softwares* educativos), é importante destacar que as tradicionais abordagens de ensino de Matemática, nas escolas, muitas vezes ainda colocam o professor no “centro das atenções”, além de outros fatores dificultadores na relação professor-aluno, especialmente as mudanças impostas pela sociedade contemporânea, as incipientes formações continuadas e iniciais ofertadas por Instituições de Ensino Superior (IES), as desigualdades sociais e a recorrente ideia de que é uma disciplina rigidamente teórica

e desvinculada do cotidiano dos alunos. Em consonância com essa situação, Lima e Pimenta (2006) enaltecem a necessidade de habilidades práticas em várias profissões, exemplificando que tanto médicos quanto dentistas devem dominar métodos específicos para operar seus instrumentos de trabalho. De modo análogo, professores de Matemática não operam instrumentos físicos sem antes passar por alguma preparação formativa, eles necessitam dominar técnicas específicas para ensinar eficazmente os conceitos matemáticos, valendo-se de projetos interdisciplinares e tendências metodológicas ativas.

A Geometria e a Álgebra são as duas principais áreas de estudos que o Geogebra abarca enquanto *software* educacional, mas para Garcia *et al.* (2021) as maiores potencialidades de ensino estão na Geometria, haja vista que:

[...] Conjecturamos que isto se deve ao fato de que as relações geométricas presentes nos conteúdos de matemática nem sempre são bem exploradas apenas com a elucidação apresentadas nos livros ou com quadro negro e giz. Neste ponto, os recursos computacionais são ferramentas indispensáveis para a condução das aulas e o despertar do saber, principalmente em ambientes onde os recursos de infraestrutura, como os laboratórios de matemática, são escassos (Garcia *et al.*, 2021, p. 234).

No que diz respeito ao ensino de Geometria, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) direcionam que "os conceitos geométricos constituem parte importante do currículo de Matemática, [...] por meio deles, o aluno desenvolve um tipo especial de pensamento, que lhe permite compreender, descrever e representar, de forma organizada, o mundo em que vive" (PCN's, 1997, p. 39), fazendo com a que Geometria seja uma área do saber, dentro da matemática, propicia para lidar com situações problema que envolvam a exploração do mundo físico a partir da observação, identificação, comparação e diferenciação de múltiplos objetos (casas, prédios, brinquedos, etc).

Em conformidade com os PCN's, Brasil (2018) ainda menciona que a Geometria contempla o aprendizado de um amplo conjunto de fundamentos e conjecturas que são originadas por meio de argumentos geométricos persuasivos, isto é, de certa forma convincentes (não necessariamente com demonstrações). O referido documento normativo abrange vários conteúdos da Geometria que necessitam ser explorados desde o ensino infantil por meio de um aprendizado lúdico, mas que são compreendidos com mais solidez no ensino fundamental (anos iniciais e finais) através da análise de figuras geométricas espaciais, planas, localizações de objetos no espaço e de transformações ocorridas no plano cartesiano.

A Teoria de Van Hiele, criada pelos pesquisadores Dina Van Hiele Geldof e Pierre Van Hiele, apresenta um modelo teórico de ensino e aprendizagem, em 5 níveis, de como o pensamento geométrico é construído e sistematizado pelo aluno ao longo de sua formação. O quadro 01 mostra um resumo de tal teoria:

Quadro 01 - Teoria de Van Hiele

Nível	Descrição
01 - Visualização	O educando começa a construir um vocabulário geométrico a partir da visualização de figuras geométricas e sendo capaz de nomeá-las.
02 - Análise	Identificação das propriedades pertencentes a uma figura geométrica.
03 – Dedução informal	O aluno consegue realizar o agrupamento de figuras geométricas em classes e estabelecer inter-relações por meio de suas propriedades.
04 - Dedução formal	Capacidade de realizar demonstrações formais.
05 - Rigor	Correlações entre diferentes sistemas axiomáticos.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Leivas (2012).

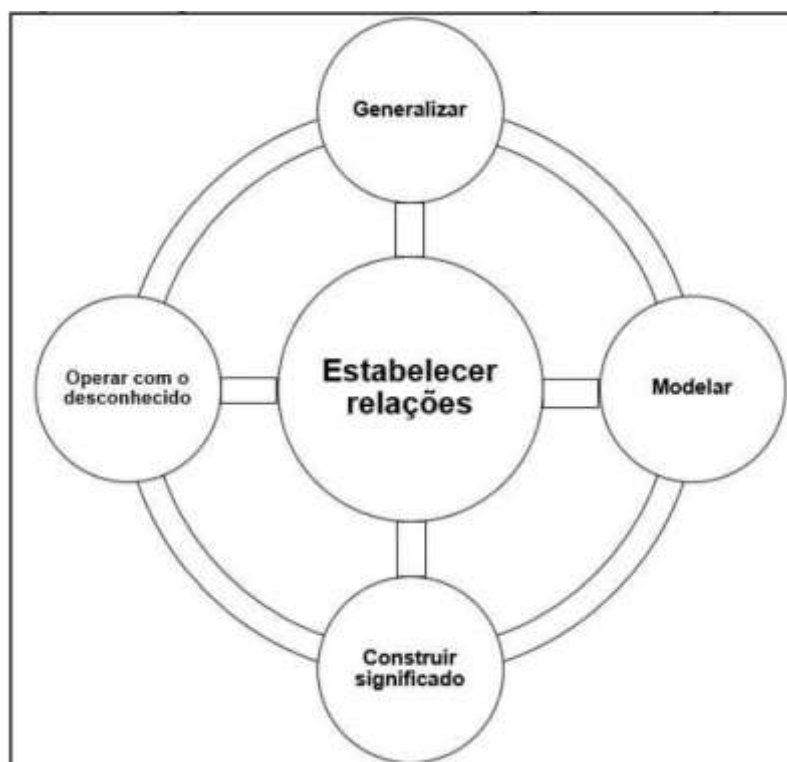
No que concerne a Álgebra, o Geogebra possibilita o estudo da variação de coeficientes de funções, tópicos de cálculo vetorial, parâmetros de superfícies em 2D e 3D. Segundo Brasil (2018, p. 270), a unidade temática Álgebra da BNCC tem por objetivo promover

[...] o desenvolvimento de um tipo especial de pensamento – pensamento algébrico – que é essencial para utilizar modelos matemáticos na compreensão, representação e análise de relações quantitativas de grandezas e, também, de situações e estruturas matemáticas, fazendo uso de letras e outros símbolos.

Além disso, espera-se que o aluno consiga identificar regularidades e padrões lógicos entre sequências numéricas, modelar leis matemáticas que expressem relações entre grandezas distintas e ainda “[...]”

criar, interpretar e transitar entre as diversas representações gráficas e simbólicas [...]” (Brasil, 2018, p. 270). Sobre a formação do pensamento algébrico, Almeida e Santos (2020) consideram que ele é composto por cinco características que estão destacadas na figura 01.

Figura 01 - Características do pensamento algébrico



Fonte: Extraído de Almeida e Santos (2020, p. 54)

Dadas as breves discussões, este artigo tem por objetivo apresentar algumas aplicabilidades educativas do software Geogebra voltadas para a aprendizagem de matemática na Educação básica, especificamente no ensino fundamental II, que visam agregar, e não dificultar, a visualização e a compreensão de determinados objetos de conhecimentos da BNCC.

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa de natureza básica, bibliográfica, qualitativa e com um viés exploratório, buscando “[...] proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir [...] idéias ou a descoberta de intuições [...]” (Gil, 2002, p. 41) utilizando como recurso-chave o software Geogebra e suas potencialidades educacionais para com o ensino de Matemática. Além disso, está embasado nas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e suas competências (gerais e específicas), com ênfase para algumas unidades temáticas e habilidades do 6º até o 9º ano do Ensino Fundamental II. Como forma de elucidar possíveis estratégias

de ensino de Matemática, especialmente em Geometria e Álgebra, são apresentadas na sessão Resultados e Discussão algumas aplicações didáticas desenvolvidas na referida tecnologia educacional.

Junto à BNCC houve também um breve estudo teórico de trabalhos acadêmicos, incluindo publicações científicas em revistas online e websites de instituições de ensino. A escolha por adotar um procedimento bibliográfico se deu em razão da necessidade de “[...] propiciar encontro de pesquisas com similaridades, assim como análise da metodologia utilizada, a revisão oportuniza aos pesquisadores a elaboração de textos [...] exigindo assim expertise como condição básica [...] sobre a área de estudo” (Dorsa, 2020, p. 681). A tabela 01 apresenta uma sistematização dos dados coletados na BNCC para a organização dos resultados.

Tabela 01 - Síntese estrutural dos resultados

	Ensino Fundamental II			
	6º ano	7º ano	8º ano	9º ano
Unidade temática	Geometria	Geometria	Álgebra	Álgebra
Objeto de conhecimento (conteúdos)	Prismas e pirâmides - planificações e relações entre seus elementos (vértices, faces e arestas)	Transformações geométricas de polígonos no plano cartesiano: multiplicação das coordenadas por um número inteiro e obtenção de simétricos em relação aos eixos e à origem	Sistema de equações polinomiais de 1º grau: resolução algébrica e representação no plano cartesiano	Funções (Afim e Quadrática) - representações numérica, algébrica e gráfica
Habilidade(s)	EF06MA17	EF07MA19 e EF07MA20	EF08MA08	EF09MA06

Competência(s) geral(is):	Cultural digital: “Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas” (Brasil, 2018, p. 9).
Competência(s) específica(s):	“Utilizar processos e ferramentas matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos [...]” (Brasil, 2018, p. 267) e “compreender as relações entre conceitos e procedimentos dos diferentes campos da Matemática (Aritmética, Álgebra, Geometria, Estatística e Probabilidade) [...]” (Brasil, 2018, p. 267)

Fonte: Elaborado pelos autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No entendimento de Andrade e Massabni (2011, p. 836), “as atividades práticas são uma forma de trabalho do professor, e querer utilizá-las, ou não, é uma decisão pedagógica que não depende apenas da boa vontade do docente, seu preparo ou condições dadas pela escola”. As atividades práticas proporcionam aprendizagens que não são possíveis apenas com aulas teóricas, as quais, de modo não generalizado, podem estar vinculadas a julgamentos pessoais baseados em concepções, valores e outras formas subjetivas de avaliação ou instrução escolar. Os dois autores apontam que a escolha por usar ou não uma aula prática vem do *modus operandi* de professores que limitam o processo de aprendizagem em abordagens tradicionais.

O Ministério da Educação (MEC) em Brasil (2024) apresenta 10 saberes digitais docentes que estão agrupados em 3 dimensões: Ensino e aprendizagem com uso de tecnologias digitais; Cidadania digital e Desenvolvimento profissional. Dentre as 3 dimensões, no que tange o ensino de Matemática, a primeira versa como prática a demanda de “pesquisar, remixar, adaptar, curar, criar, publicar e compartilhar conteúdos digitais para o planejamento didático e as experiências de aprendizagem dos estudantes” (Brasil, 2024, p. 9).

Os resultados elencados abaixo são aplicações didáticas desenvolvidas no Geogebra e que estão alinhadas com algumas diretrizes da BNCC para o componente curricular de Matemática. Apesar de não contemplarem todos os assuntos do Ensino Fundamental II tornam-se possibilidades para auxiliar nas aulas práticas juntamente com outras metodologias, sendo estas tradicionais ou não.

6º ANO - GEOMETRIA

Objetivo de conhecimento: Prismas e pirâmides - planificações e relações entre seus elementos (vértices, faces e arestas).

Habilidade(s): (EF06MA17) Quantificar e estabelecer relações entre o número de vértices, faces e arestas de prismas e pirâmides, em função do seu polígono da base, para resolver problemas e desenvolver a percepção espacial.

Aplicação proposta: <https://www.geogebra.org/m/rjep7dzt>

Figura 02: Aplicação da habilidade EF06MA17



Fonte: Autoria própria

7º ANO - GEOMETRIA

Objeto de conhecimento: Transformações geométricas de polígonos no plano cartesiano: multiplicação das coordenadas por um número inteiro e obtenção de simétricos em relação aos eixos e à origem.

Habilidade(s): (EF07MA19) Realizar transformações de polígonos representados no plano cartesiano, decorrentes da multiplicação das coordenadas de seus vértices por um número inteiro. (EF07MA20) Reconhecer e representar, no plano cartesiano, o simétrico de figuras em relação aos eixos e à origem.

Aplicação: <https://www.geogebra.org/m/mj6sey pb>

Figura 03: Aplicação das habilidades EF07MA19 e EF07MA20



Fonte: Autoria própria

8º ANO - ÁLGEBRA

Objeto de conhecimento: Sistema de equações polinomiais de 1º grau: resolução algébrica e representação no plano cartesiano.

Habilidade(s): (EF08MA08) Resolver e elaborar problemas relacionados ao seu contexto próximo, que possam ser representados por sistemas de equações de 1º grau com duas incógnitas e interpretá-los, utilizando, inclusive, o plano cartesiano como recurso.

Aplicação: <https://www.geogebra.org/m/z4aqtkef>

Figura 04: Aplicação da habilidade EF08MA08



Fonte: Autoria própria

9º ANO - ÁLGEBRA

Objeto de conhecimento: Funções afim e quadrática - representações numérica, algébrica e gráfica.

Habilidade(s): (EF09MA06) Compreender as funções como relações de dependência unívoca entre duas variáveis e suas representações numérica, algébrica e gráfica e utilizar esse conceito para analisar situações que envolvam relações funcionais entre duas variáveis.

Aplicação: <https://www.geogebra.org/m/xrkwygbw>

Figura 05: Aplicação da habilidade EF09MA06



Fonte: Autoria própria

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção do artigo por abarcar uma pesquisa de natureza básica com um breve levantamento bibliográfico na literatura não busca destacar detalhadamente as ferramentas internas do Geogebra e suas utilidades por meios de instruções didáticas, mas apresentar algumas aplicações viáveis em sala de aula enquanto instrumentos digitais de suporte para professores de Matemática que atuam na Educação Básica.

Por fim, os principais desafios, na opinião dos autores, que necessitam ser superados para que as tecnologias digitais sejam usadas no âmbito escolar adequadamente são os baixos investimentos em salas de informática, resistência operacional por parte dos professores e a valorização exclusiva de metodologias tradicionais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R.; SANTOS, M. C.. Pensamento algébrico: Em busca de uma definição. *Revista Paranaense de Educação Matemática*, v. 6, n. 10, p. 34–60, 2020. DOI: 10.33871/22385800.2017.6.10.34-60. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/rpem/article/view/6055>. Acesso em: 25 ago. 2024.
- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G.. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: Um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 17, n. 4, p. 835–854, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Educação é a base. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 01 jul. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. Saberes digitais docentes. Brasília, DF: MEC/SEB/DIFOR/DPDI/DAGE, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/escolas-conectadas/20240822MatrizSaberesDigitais.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática. Brasília/DF: MEC/SEF, 1997.
- DORSA, A. C.. O papel da revisão da literatura na escrita de artigos científicos. *Interações (Campo Grande)*, v. 21, n. 4, p. 681–683, jul. 2020.
- GARCIA, F. O. et al.. O GeoGebra na experimentação matemática: Um levantamento bibliográfico em periódicos indexados na plataforma da CAPES. *Rev. Fac. Cienc. Tecnol., Bogotá*, n. 50, p. 221–236, dez. 2021.
- GIL, A. C.. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- HOMA, A. I. R.; GROENWALD, C. L. O.. As tecnologias digitais da informação e comunicação como um recurso didático no currículo de Matemática. *Uniciencia*, v. 34, n. 2, p. 153–170, dez. 2020.
- LEIVAS, J. C. P.. Pitágoras e Van Hiele: Uma possibilidade de conexão. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 18, n. 3, p. 643–655, 2012.
- LIMA, M. S. L.; PIMENTA, S. G. Estágio e docência: Diferentes concepções. *Revista Poiesis Pedagógica, Goiânia*, v. 3, n. 3 e 4, p. 5–24, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/poiesis/article/view/10542/7012>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- SENGIK, A. S.; VALENTINI, C. B.; TIMM, J. W.. Uso de "software" como mediador na aprendizagem da leitura: Estudo de caso. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 21, n. 3, p. 629–637, set. 2017.

Capítulo 3



10.37423/250610091

O ENSINO DE FRAÇÃO NOS ANOS INICIAIS: CONTRIBUIÇÕES PARA PROFESSORES QUE ENSINAM MATEMÁTICA

Agda Isabele Gonsalves Honorato

Universidade Federal de Alagoas

Rosemeire Roberta de Lima

Universidade Federal de Alagoas



Resumo: O presente estudo traz uma discussão sobre o ensino do conteúdo de fração nos anos iniciais do Ensino Fundamental (EF) a partir das contribuições reveladas em artigos coletados na base de dados Google Acadêmico com recorte temporal de 2019 a 2023. A coleta dos dados realizou-se no mês de março de 2024. Trata-se de um estudo de abordagem qualitativa, pautada em revisão narrativa, tendo em vista o interesse em sistematizar o conhecimento teórico acerca do assunto investigado. Sendo assim, tem-se como objetivo geral investigar as contribuições do ensino de frações para os essa etapa de escolaridade, considerando a perspectiva do professor que ensina matemática. Para tanto, a investigação delineou-se a partir da seguinte questão de pesquisa: quais as contribuições reveladas nos artigos acerca das estratégias didático-metodológicas para o ensino do conteúdo de fração nos anos iniciais do EF? Para a fundamentação teórica, utilizou-se as pesquisas de Smole e Diniz (2016), Nunes e Bryant (1997), Magina e Malaspina (2013), entre outros. Para a análise dos dados, optou-se em utilizar as categorias *a priori* com base nos pressupostos de Bardin (2016). Os resultados sinalizaram que as práticas de ensino sobre fração se pautam em uma única situação (parte-todo), além de apresentar indícios de fragilidade e dificuldade na transposição didática de conceitos fracionários e, com isso, no como ensinar, evidenciando situações didáticas não facilitadoras que mobilizem a produção de sentido para favorecer a aprendizagem no conteúdo matemático em estudo.

Palavras-chave: Ensino de frações, Anos iniciais do ensino fundamental, Estratégias de ensino, Números fracionários.

INTRODUÇÃO

O conteúdo de fração nos anos iniciais vem evidenciando espaço de investigação nos anos iniciais do Ensino Fundamental (EF), tendo em vista que envolve articulação com o conceito de divisão, além da mudança de domínio dos números naturais para os racionais. Mamede e Cardoso (2021, p. 21) destacam que o conteúdo de fração vem se revelando como um conteúdo que “é considerado difícil de aprender e de ensinar”. Sob essa ótica, Magina e Malaspina (2013) destacam que a lógica dos números naturais não tem validade no campo da fração, pois esta requer raciocínio lógico-matemático que envolve, por exemplo, a lógica da equivalência e a lógica da ordenação. Tais ideias sinalizam que são muitas vezes negligenciadas no contexto escolar dessa etapa de escolaridade, provocando limitações no ensino do conteúdo de fração.

Além desse problema, as pesquisas de Smole e Diniz (2016) nos dizem que este é um conteúdo explorado de forma limitada nos anos iniciais do EF, apontando a questão da prática pautada apenas no uso do significado parte-todo, dificultando o acesso aos diversos significados da fração, reforçando as fragilidades desse estudo na etapa de escolaridade em tela e que, por sua vez, reforça o pedido de intervenção para melhorar a compreensão de conceitos desse saber.

Nesse sentido, busca-se investigar as contribuições do ensino de frações para os anos iniciais do EF para o professor que ensina matemática.

O objeto desse estudo é o ensino de matemática sobre fração. A investigação, por sua vez, ampara-se em responder o seguinte problema: quais as contribuições reveladas nos artigos coletados acerca das estratégias didático-metodológicas para o ensino do conteúdo de fração nos anos iniciais do Ensino Fundamental?

Para responder a esse problema, utilizou-se da abordagem qualitativa por meio do tipo revisão de literatura narrativa, uma vez que esta perspectiva possibilita a busca de estudos que atendam aos objetivos desta investigação sem ter que seguir o rigor dos protocolos de uma pesquisa acadêmica.

Dado o exposto, infere-se nessa investigação que é preciso desde os anos iniciais do EF apresentar as diferentes representações, além da necessidade de focar em um ensino pautado no significado, destacando a importância dos conceitos em detrimento dos algoritmos.

RELEVÂNCIAS E FUNDAMENTAÇÃO

O ensino de fração é um conteúdo do campo multiplicativo que faz parte do currículo dos anos iniciais do EF. Nesse sentido, envolve articulação com o conceito de divisão, além da mudança de domínio dos números naturais para os racionais.

Silva, Canova e Pinheiro (2019) destacam a importância de introduzir nos anos iniciais do EF o estudo dos Números Racionais. Tal ideia é fruto das dificuldades em compreender o sentido e o significado desse conteúdo. Um dos problemas referem-se à limitação desse conceito em sala de aula (Smole; Diniz, 2016), isto é, abordagem e um ensino pautado no significado parte-todo e muitas vezes apresentado sem uma proposta que proporcione a compreensão da mudança de domínio dos números naturais para os racionais. Nessa direção, Magina e Malaspina (2013) destacam que a lógica dos números naturais não tem validade no campo da fração, pois esta requer raciocínio lógico-matemático que envolve, por exemplo, a lógica da equivalência e a lógica da ordenação.

Nesse sentido, Nunes (1997), Magina e Malaspina (2013) enfatizam que as crianças podem usar a linguagem das frações sem compreender completamente sua natureza, o que requer vivências de diversos significados e situações. Para a compreensão do conceito de fração, Magina e Malaspina (2013) citam cinco significados que poderiam ser explorados desde os anos iniciais: parte-todo, medida, quociente, operador multiplicativo e número.

Essa autoras (op. cit) colocam que a ideia parte-todo significa que existe um todo em que haverá a partição em n partes iguais em que cada parte pode ser representada como $1/n$; a ideia de medida envolve o conceito de divisão e nas situações há duas variáveis. O quociente, por sua vez, traz a concepção de probabilidade. Referindo ao operador multiplicativo, este faz uso do valor escalar em que “o número é um multiplicador da quantidade indicada” (Magina; Malaspina, 2013, p. 92); a ideia de número duas formas de representação fracionária: ordinal e decimal” (Magina; Malaspina, 2013, p. 93).

Desta forma, faz-se necessário ao professor oportunizar a diversificação das práticas e estratégias metodológicas propostas na abordagem deste conteúdo, com vistas à sua total compreensão.

METODOLOGIA

Optou-se em utilizar a revisão de literatura narrativa, visto que segundo Cordeiro et al (2007), este procedimento metodológico não exige critério rigoroso para a seleção das fontes que irão compor o corpus desse estudo e, além disso, não se faz necessário esgotar o levantamento de todo o material, visto que o objetivo principal desse tipo de pesquisa é refletir sobre os dados coletados, buscando apresentar uma discussão ampla para sistematizar o conhecimento teórico acerca do assunto investigado.

Para a construção dessa produção, adotou-se alguns percursos metodológicos para a definição das fontes a serem analisadas.

Iniciou-se, definindo a questão de pesquisa de interesse. Posteriormente, consistiu em estabelecer os objetivos deste estudo, sendo eles: i) identificar a existência de estudos envolvendo estratégias de ensino de frações para os anos iniciais do EF; ii) mapear estratégias de ensino que facilitem e auxiliem na aquisição de conceitos fracionários em seus diversos significados e situações para os anos iniciais do EF.

Os descritores utilizados para a busca de artigos foram: ("ensino de fração" OR "número fracionário") AND "estratégias de ensino" AND ("anos iniciais" OR "1º ao 5º ano"), realizado no mês de março de 2024.

Realizou-se a busca no Google Acadêmico, considerando o período de referência de 2019 a 2023. Dos 126 documentos apresentados como resultado da busca, retiramos as fontes duplicadas e, conseqüentemente, selecionando uma quantidade de 10 artigos que consideramos que atenderam em responder aos objetivos propostos.

Utilizou-se também dos estudos de Smole e Diniz (2016), Nunes e Bryant (1997), Magina e Malaspina (2013) para subsidiar e sustentar a investigação. A análise dos dados, por sua vez, considerou a análise temática de Bardin (2016).

Dado o exposto, buscou-se responder o problema proposto, cujos resultados estão apontados na seção a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos documentos coletados no Google Acadêmico com os descritores apresentados na seção anterior, selecionamos os artigos que contribuem com estratégias de ensino que favoreçam vivências em diversas situações e significados com o conteúdo de fração.

Após a definição dos artigos que serão analisados passamos ao registro de identificação de cada um, conforme apresentado no quadro a seguir.

Quadro 1 - Artigos selecionados com base nos critérios de inclusão e exclusão

Nº	Título	Autor	Objetivo	Estratégias de ensino	Ano de publicação
1	Possibilidades para o ensino de frações a partir da régua de carpinteiro contida no tratado Booke Named Tectonicon (1556)	Ana Carolina Costa Pereira e Sabrina de Souza Paulino	Apresentar uma discussão sobre as possibilidades didáticas para o ensino de frações por meio da graduação da	Incorporação de fontes históricas no ensino de Matemática - ensino de frações a partir da construção/ graduação da régua de carpinteiro (Instrumentos matemáticos citado no	2021
			régua de carpinteiro	tratado A Booke Named Tectonicon) de Leonard Digges (1605)	
2	Análise praxeológica da abordagem de frações em um livro didático do 4º ano do ensino fundamental	Evanilson Landim e Maria das Dores de Moraes	Analisar <i>a priori</i> das situações que tratam de problemas de frações abordados no livro didático Ápis: matemática do 4º ano do Ensino Fundamental aprovado pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).	Uso da praxeologia proposta por Chevallard (1996) na Teoria Antropológica da Didática (TAD) para destacar as limitações do uso do livro didático com o estudo de fração.	2019
3	A intervenção pedagógica no ensino de frações no 5º ano de ensino fundamental	Daniele Maria Bordini Fecchio e Nerli Nonato Ribeiro Mori	investigar o conceito matemático de maior dificuldade para alunos do 5º ano do Ensino Fundamental e como uma intervenção pedagógica poderia contribuir para a aquisição desse conceito pelos alunos.	Resolução de situações-problema e aplicação de conhecimentos acerca do tema em diferentes situações.	2023

4	Alunos resolvem problemas envolvendo equivalência de frações em situação quociente	Angélica da Fontoura Garcia Silva, Raquel Factori Canova e Maria Gracilene de Carvalho Pinheiro	Investigar a compreensão de alunos do 5º ano do Ensino Fundamental, de uma escola pública da cidade de São Paulo, acerca da equivalência de números racionais em sua representação fracionária, em situações quociente.	Resolução e discussão sobre as dificuldades encontradas quando se propõem situações envolvendo a ideia de quociente. Além disso, vivenciamos e analisamos, a sequência elaborada por Nunes <i>et al.</i> (2006)	2019
5	Numeração na Educação Básica (Anos Iniciais): algumas reflexões	Kelly Roberta Mazzutti Lübeck, Bruna Nascimento de Souza, Jacielle Chaves e Kelly Maiara Masur da Silva	Refletir sobre os processos de aquisição do conceito de número pela criança, com ênfase ao conteúdo de frações, apontado pelos participantes como o tema gerador de maiores dificuldades.	Investigação matemática em problemas motivacionais e no uso de materiais concretos de forma a promover a compreensão dos conceitos trabalhados.	2020
6	A ludicidade no ensino de frações	Valdete A. do Amaral Miné e	Trabalhar os diferentes	Uso de atividade sequenciada (6	2019

Fonte: Elaborado pelas autoras com base no buscador Google Acadêmico (2024)

Buscando sinalizar as possibilidades exitosas de se trabalhar fração nos anos iniciais do EF, partimos para a leitura na íntegra desses materiais coletados com a respectiva localização das contribuições reveladas nos artigos acerca das estratégias didático-metodológica utilizadas por cada um dos autores intercaladas com as referidas discussões e pesquisadores que sustentarão a fundamentação teórica das análises.

Pereira e Paulino (2021), apresentaram uma discussão sobre as possibilidades didáticas para o ensino de frações por meio da graduação da régua de carpinteiro, como resultado de uma análise documental em que os autores analisam os conhecimentos matemáticos dos docentes a partir do uso da régua carpinteiro como possibilidade no fortalecimento de conceitos envolvendo parte e todo de frações, nomenclaturas, bem como de transformações, comparação de unidade, medida de pés para polegadas, conceitos, entre outros e sugerem a incorporação de textos históricos nas formações de professores como forma de promoção da construção do conhecimento científico.

Os autores Landim e Moraes (2019) se apoiam na praxeologia proposta por Chevallard (1996) na Teoria Antropológica Didática (TAD), para analisar como o conteúdo de frações tem sido abordado em um livro didático do 4º ano do EF, neste percurso identificaram 58 tarefas que envolveram os números fracionários, com predominância das tarefas do tipo parte-todo, sendo elas 34 tarefas, 24 tarefas do tipo operador e não foram identificadas tarefas do tipo razão na obra analisada. Assim, sugerem a produção de estudos que analisem como este objeto de conhecimento se apresenta nos processos de formação dos professores, nos livros didáticos e que se analise o desempenho das crianças em situação nas tarefas com números fracionários.

Fecchio e Mori (2023) apresentam os resultados de uma intervenção pedagógica exploratória desenvolvida em uma escola pública, que contou com a participação de 25 alunos e uma professora regente de uma turma de 5º ano do EF, a mesma foi pensada e estruturada a partir de uma avaliação diagnóstica que mostrou este objeto como um desafio quanto à sua aprendizagem. A intervenção buscou desenvolver o conhecimento de fração, considerando sua origem, conceitos, tipos, nomenclaturas e representações, mostrando-se como um processo interventivo planejado e estruturado para o ensino desse objeto de conhecimento que pode oportunizar resultados significativos.

Silva, Canova e Pinheiro (2019) apresentam os resultados de uma pesquisa intervenção, onde analisam o ensino, as estratégias, a compreensão, a argumentação e as noções de equivalência, utilizadas por alunos de um 5º ano do EF de uma escola pública da cidade de São Paulo, quando aprendiam e resolviam questões envolvendo situações quociente sem a mediação da professora. Os autores, inferem que o ensino com as situações quocientes analisadas influenciou positivamente no desempenho dos estudantes, favoreceram a representação correta, que houveram dificuldades para a identificação da ideia de equivalência e, destacam do processo de mediação da aprendizagem pelo professor, enquanto potencializador na construção de hipóteses e argumentos.

Lübeck, Souza, Chaves e Silva (2020) buscam refletir acerca dos diferentes sentidos e representações fracionárias, considerando como premissa o diálogo e a interação reflexiva do professor sobre a metodologia a ser empregada em sala para possibilitar a construção de conceitos e a justificativa dos algoritmos empregados. Sinalizam que explorem diferentes tipos de materiais concretos, mas alertam que sejam evitando o uso contínuo e repetido do mesmo instrumento para que a criança não padronize suas respostas as quais dificultam a compreensão. Destacam que o ensino esteja pautado no raciocínio conceitual, de modo que a matemática seja exploratória para o aluno que deve

desempenhar um papel ativo na construção do seu conhecimento. Miné e Coutinho (2019) apresentam um relato de experiência envolvendo sequência didática composta por 6 tarefas, com o objetivo de trabalhar os diferentes significados do número racional na forma fracionária (quociente e parte/todo) para uma aluna com deficiência visual. Esse estudo evidenciou a importância da mediação e intervenção do professor para possibilitar a compreensão dos conceitos matemáticos, no caso em tela, conceitos de fração, ressaltando que o uso de materiais manipuláveis quando utilizados como meio contribuem para a aprendizagem desde que a proposta empregada esteja pautada numa perspectiva de atribuição de sentido.

Solgon e Escola (2020) apresentam um estudo de caso que se propõem a criar e implementar um aplicativo para ensinar e testar o conhecimento de alunos do 5º ano do EF acerca do conteúdo de fração por meio de atividades compostas de cinco fases em que cada uma contém dez problemas por meio da gamificação. Esse aplicativo possibilitou um levantamento das principais dificuldades dos alunos. Diante disso, evidenciou-se que as frações próprias, impróprias e de número misto foram os conceitos que apresentam poucos acertos consoante os relatórios pautados nas respostas dos alunos, com isto, concluem que a gamificação apresenta eficácia no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de fração. No entanto, destacam que a intervenção pedagógica assume papel importante na construção do conhecimento.

Gonçalves e Ferreira (2023) apresentam uma revisão de literatura, a partir da análise de 16 livros didáticos e da aplicação de uma atividade baseada na metodologia Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) com foco na aprendizagem significativa dos conteúdos de adição e subtração de frações, o estudo revelou a importância de um processo formativo dialógico, que considera a técnica didática, o modo de pensar, sentir e conceber o mundo destes sujeitos, que incentive o estímulo aos estudantes do raciocínio lógico, da capacidade de argumentação e da curiosidade. Assim, sinalizam que é prejudicial adiar o ensino do processo de adição e subtração de frações com o uso do mínimo múltiplo comum, onde é primordial que os estudantes descubram os processos utilizados para realizar a adição e subtração de frações de maneira autônoma.

Cardoso e Mamede (2023) buscaram explorar conceitos e propriedades dos números racionais com o intuito de compreender os conhecimentos matemáticos e didáticos de professores dos anos iniciais do EF acerca do conceito de fração. Apontam que os professores apresentam fragilidades quanto aos significados de fração, além de sinalizarem pouca consistência do conhecimento para traduzir e articular eficazmente as representações fracionárias e decimais, evidenciando uma visão limitada

desse conteúdo. Apresentam como resultados que é preciso formação inicial e continuada sobre concepções e práticas de professores no que se refere aos conceitos de fração.

Fanizzi e Tarouco (2023) buscam compreender a importância das interações e intervenções na compreensão de conceitos com base nas dificuldades de um estudante do 4º ano do EF acerca do conteúdo de fração, foram aplicadas três atividades sequenciadas sobre fração por meio do whatsapp na perspectiva de promover a comunicação e o uso da linguagem como estratégias de negociação para a construção de conhecimentos matemáticos sobre números fracionários. Os resultados sinalizaram que as dúvidas foram sanadas diante da elaboração e exploração de situações que favoreceram o sentido dos conceitos fracionários que consideraram o uso da linguagem natural e linguagem formal para a compreensão do conteúdo explorado.

A análise preliminar dos artigos coletados quanto às estratégias de ensino sinalizam que é preciso trabalhar com o conteúdo a partir do desenvolvimento do pensamento matemático. Para tanto, elencamos abaixo as categorias que foram evidenciadas nos artigos coletados para este estudo, considerando que para cada fonte foi indicada apenas uma categoria predominante.

Quadro 2 - Distribuição dos artigos selecionados por foco temático (categoria).

Foco temático	Quantidade	Código dos trabalhos
Conhecimento matemático dos docentes/Conhecimento pedagógico dos docentes	2	1 - 5
Concepção dos docentes	1	9
Dificuldades dos estudantes na compreensão de conceitos	6	2 - 3 - 4 - 6 - 7 - 10
Conhecimento e saberes matemáticos dos discentes	1	8

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir dos pressupostos da Análise de Conteúdo de Bardin (2016).

Nota-se que os artigos elencados neste estudo partem das dificuldades dos alunos para que os docentes possam refletir acerca de estratégias didático-metodológicas que melhorem a aprendizagem. No entanto, infere-se que os recursos (materiais manipuláveis, gamificação, entre outros) por si só não proporcionam a aprendizagem, sendo necessário ações que mobilizem o pensamento conceitual dos estudantes, como se observa nos artigos 8 e 9 o papel do diálogo para que o aluno produza sentido no que está vivenciando na sala de aula e estabeleça relação entre o que já sabe e o que foi planejado, partindo da perspectiva de compreensão de conceitos.

Com isto, evidencia-se a importância da construção de um ensino de matemática, que priorize a construção do pensamento matemático dos estudantes, de maneira que este atribua sentido naquilo

que se propõe a aprender, tendo como condutor deste processo um par avançado e facilitador, que é o professor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi apresentar as principais estratégias de ensino utilizadas para explorar o conteúdo de fração e seus significados nos anos iniciais do EF, considerando que aprender e ensinar matemática envolvem processos complexos. O estudo sinalizou que as estratégias de ensino não podem ser enfatizadas em procedimentos-modelo, mas deve funcionar como meio para incentivar que os aprendizes apresentem suas soluções, mobilizem seus conhecimentos matemáticos e, sobretudo, que trabalhem os números fracionários a partir do sentido para que possa ocorrer a progressão conceitual do conteúdo matemático em tela.

As análises evidenciaram a importância de refletir acerca das dificuldades dos docentes quanto ao currículo da matemática, inferindo a importância de buscar estudos que orientem a potencializar práticas de ensino variadas e contextualizadas a serem tratadas nos espaços de sala de aula.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

CANOVA, Raquel Factori; BARRETO, Maria das Graças Bezerra; PRADO, Maria Elisabette Brisola Brito; CAMPOS, Tânia Maria Mendonça. Formação continuada: uma parceria para refletir sobre o ensino de fração. *Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática*, 4(1), p. 110-122, 2019. Disponível em:

<https://periodicos.ufs.br/ReviSe/article/view/10049>. Acesso em: 16 fev. 2024.

CARDOSO, Paulo; MAMEDE, Ema. Saber e ensinar frações: concepções e práticas de professores do ensino fundamental, *Educ. Pesqui.*, São Paulo, v. 49, e261007, p. 1-19, 2023. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/ep/v49/1517-9702-ep-49-e261007.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024.

CORDEIRO, Alexander Magno et al. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Rev. Col. Bras. Cir.* v. 34, n. 6, nov./dez., p. 428-431, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcbc/a/CC6NRNtP3dKLgLPwcmV6Gf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 fev. 2024.

FANIZZI, Sueli; TAROUCO, Vanessa Lacerda. Os números fracionários nos anos iniciais de escolaridade: linguagens, representações e construção do conhecimento matemático. *Revista de Educação Pública*, [S. l.], v. 32, n. jan/dez, p. 325–352, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/12427>. Acesso em: 21 fev. 2024.

FECCHIO, Daniele Maria Bordini; MORI, Nerli Nonato Ribeiro. A intervenção pedagógica no ensino de frações no 5º ano do ensino fundamental. *Revista Cocar*, [S. l.], v. 18, n. 36, p. 1-20, 2023. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/6500>. Acesso em: 18 fev. 2024.

GONÇALVES, Tânia Maria Nunes; FERREIRA, Thaís Maria. *Educação Matemática Debate*, v. 7, n. 13, p.1-19, 2023. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9277794>. Acesso em: 16 fev. 2024.

LANDIM, Evanilson; MORAIS, Maria das Dores de. Análise praxeológica da abordagem de frações em um livro didático do 4º ano do ensino fundamental. *Educação Matemática Pesquisa*, v. 21, n. 5, p. 555-565, 2019. Disponível em:

<http://funes.uniandes.edu.co/29753/>. Acesso em: 14 fev. 2024.

LÜBECK, K. R. M.; SOUZA, B. N. de, CHAVES, J.; SILVA, K. M. M. da.. Numeração

na Educação Básica (Anos Iniciais): Algumas Reflexões. *Ensino da Matemática em Debate*, 7(3), p. 144–169, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.23925/2358-4122.2020v7i3p144-169>. Acesso em: 12 fev. 2024.

MAGINA, Sandra; MALASPINA, Maria da Conceição de Oliveira. A fração nos anos iniciais: uma perspectiva para o seu ensino. In: SMOLE, Kátia Stocco; MUNIZ, Cristiano Alberto. *A matemática em sala de aula: reflexões e propostas para os anos iniciais do ensino fundamental*. Porto Alegre: Penso, 2013.

MINÉ, Valdete A. do Amaral; COUTINHO, Maria Dolores M. da C. A ludicidade no ensino de frações para alunos com necessidades especiais: cegueira. *Tagram - Revista de Educação Matemática*, 2(3), p. 103–113, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.30612/tangram.v2i3.10242>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MOMETTI, Carlos. O ensino de frações nos anos iniciais: um estudo cultural com professores polivalentes. *Revista de História da Educação Matemática*, 7, p. 1–32, 2021. Disponível em: <https://histemat.com.br/index.php/HISTEMAT/article/view/391>. Acesso em: 17 fev. 2024.

NEVES, Suzely Paesano; GENTIL, Heloisa Salles; SOUZA, Maria de Fátima. Evasão na educação superior: definindo conceitos. *Revista Campo da História*, v. 9, n. 1, p. 85-99, 2024. Disponível em: <https://ojs.campodahistoria.com.br/ojs/index.php/rcdh/article/view/174>. Acesso em: 30 maio 2024.

NUNES, Terezinha; BRYANT, Peter. *Crianças fazendo matemática*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

NETO, Ronaldo Nunes; MENDOZA, Héctor José Garcia. A atividade de situações-problema na aprendizagem do conteúdo de fração fundamentada na teoria de Galperin. In: BATISTA, Adnelson Jati; VAZ, Rafael Filipe Novôa; SANTOS, Solange Almeida Santos. *Aplicações e reflexões da resolução de problemas para o ensino e aprendizagem de matemática [livro eletrônico]*. 1. Ed. Boa Vista, RR : Solange Santos, 2021, p. 106-134.

PEREIRA, Ana Carolina Costa; PAULINO, Sabrina de Souza. Possibilidades para o ensino de frações a partir da régua de carpinteiro contida no tratado a Booke Named Tectonicon (1556). *Revista de História da Educação Matemática*, 7, p. 1–19, 2019. Disponível em: <https://www.histemat.com.br/index.php/HISTEMAT/article/view/418>. Acesso em: 13 fev. 2024.

SILVA, Angélica Angélica da Fontoura Garcia; CANOVA, Raquel Factori; PINHEIRO, Maria Gracilene de Carvalho. Alunos resolvem problemas envolvendo equivalência de frações em situação quociente. Revista Areté-Revista Amazônica de Ensino de Ciências,[S.l.], v. 12, n. 25, p. 16-26, jul. 2019. Disponível em: <https://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/1531>

Acesso em: 15 fev. 2024.

SOLGON, Regiane Denise; ESCOLA, João Paulo Lemos. Gamificação no ensino de fração: um estudo de caso. Revista acadêmica - ensino de ciências e tecnologias – Qualif., n. 7, p. 20-37, ago/dez de 2020. Disponível em: https://intranet.cbt.ifsp.edu.br/qualif/volume07/artigo02_ed_07.pdf. Acesso em: 17 fev. 2024.

VIZOLLI, Idemar; OLIVEIRA, Ritianne de Fátima Silva de. Narrativas de professores ao desenvolver atividades sobre fração: contribuições de um curso de formação continuada. Rematec, [S. l.], v. 15, n. 35, p. 178–193, 2020. Disponível em: <https://www.rematec.net.br/index.php/rematec/article/view/101> . Acesso em: 20 fev. 2024.

Capítulo 4



10.37423/250610094

ESTUDO DA LEI DE COULOMB USANDO PLATAFORMAS VIRTUAIS

Herlon Dionatan da Purificação Dias

Universidade do Estado da Bahia

Walter Duarte de Araújo Filho

Universidade do estado da bahia



Resumo: Nesta atividade, utilizou-se a simulação interativa “Lei de Coulomb” do PhET para investigar quantitativamente a força eletrostática entre duas cargas pontuais. Variou-se a magnitude das cargas e a separação entre elas, tanto em escala macro quanto atômica, de forma a comprovar que a força eletrostática cresce de acordo com o produto das cargas e diminui à medida que o quadrado da distância entre elas aumenta. Através do experimento virtual, confirmou-se a Lei de Coulomb, estimou-se a permissividade elétrica (ϵ_0) do vácuo e, também, realizou-se a comparação das forças gravitacionais e eletrostáticas num átomo de hidrogênio.

Palavras-chave: Lei de Coulomb; força eletrostática; constante eletrostática; permissividade elétrica; simulação PhET; balança de torção.

1. INTRODUÇÃO

A **Lei de Coulomb**, proposta por Charles-Augustin de Coulomb em 1785, descreve a força de atração ou repulsão entre duas cargas elétricas puntiformes por meio de uma balança de torção – um dispositivo que mede o torque necessário para equilibrar forças eletrostáticas num feixe torcido.

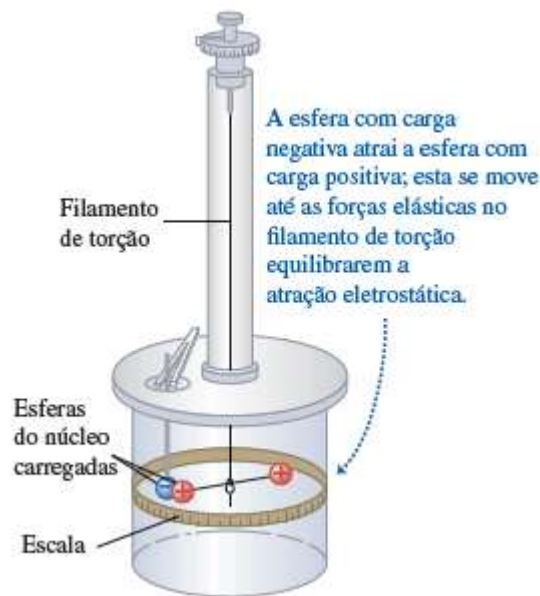


Figura 1: Balança de torção usada por Coulomb para medir forças eletrostáticas.

Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015, p. 8.

A **Lei de Coulomb** trata-se de uma lei fundamental do eletromagnetismo, análoga à Lei da Gravitação Universal, mas capaz de ser tanto atrativa quanto repulsiva. Sua importância perpassa diversas áreas da Física e da Engenharia: desde o entendimento de interações atômicas em moléculas e sólidos até o funcionamento de precipitadores eletrostáticos em indústrias e copiadoras a laser em escritórios.

A simulação deste experimento referente a Lei de Coulomb foi realizada pelo laboratório virtual PhET Interactive Simulations da Universidade do Colorado em Boulder, o que permitiu explorar os conceitos de maneira rápida e didática [6].

A ferramenta permite:

- Ajustar os valores das cargas q_1 e q_2 (positivas ou negativas);
- Variar a distância r entre as cargas;
- Visualizar a força eletrostática em tempo real;
- Ativar a escala atômica para analisar interações em átomos.

2. OBJETIVOS

Investigar, via simulação virtual, a relação funcional entre a força eletrostática, as magnitudes das cargas e a distância entre elas, confirmando a Lei de Coulomb e determinando experimentalmente a permissividade elétrica (ϵ_0) do vácuo.

Assim como:

- Verificar a influência da magnitude de cada carga na intensidade da força;
- Quantificar o efeito de variações na distância r sobre a força F ;
- Estimar a constante de permissividade elétrica (ϵ_0) do vácuo;
- Comparar os módulos das forças eletrostática e gravitacional num átomo de hidrogênio.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Lei de Coulomb, formulada pelo físico francês Charles-Augustin de Coulomb no final do século XVIII, é um dos pilares do eletromagnetismo clássico e descreve a interação eletrostática entre partículas carregadas. Segundo essa lei, a força elétrica (F) entre duas cargas pontuais é diretamente proporcional ao produto das magnitudes das cargas (q_1 e q_2) e inversamente proporcional ao quadrado da distância (r) que as separa. Matematicamente, expressa-se como:

$$F = k_e \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} \quad (1)$$

Onde k_e é a constante eletrostática do meio, também conhecida como constante de Coulomb. Que pode ser escrita matematicamente da seguinte forma:

$$k_e = \frac{F \cdot r^2}{|q_1 \cdot q_2|} \quad (2)$$

No vácuo, seu valor é aproximadamente $8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, podendo ser representada em termos da permissividade elétrica (ϵ_0) do vácuo pela relação:

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \quad (3)$$

A constante k_e varia conforme o meio material, refletindo a influência da permissividade elétrica (ϵ) do material na intensidade da força. Em meios dielétricos, por exemplo, a força é reduzida devido ao efeito de blindagem provocado pela polarização das moléculas do material, o que justifica a relação

$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon}$ em tais casos [1].

Para a água, a permissividade elétrica relativa ($\epsilon_{\text{água}}$) é aproximadamente 80 vezes maior que a do vácuo. Isso significa que:

$$\epsilon_{\text{água}} \approx 80 \cdot \epsilon_0 \quad (4)$$

Consequentemente, a constante eletrostática na água ($k_{\text{água}}$) será aproximadamente 80 vezes menor que no vácuo:

$$k_{\text{água}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\text{água}}} \approx \frac{8,99 \times 10^9}{80} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2 \quad (5)$$

Esta redução na constante eletrostática explica porque a força entre cargas é significativamente menor na água do que no vácuo, um efeito crucial para entender fenômenos como a dissociação de sais em solução aquosa [7].

A força eletrostática é uma grandeza vetorial, cuja direção coincide com a linha que une as duas cargas, e seu sentido depende da natureza das cargas: se possuírem sinais opostos, a força é atrativa; se os sinais forem iguais, a força será repulsiva [2]. Esse comportamento é análogo à Lei da Gravitação Universal de Newton, por' em, enquanto a gravitação é sempre atrativa e depende das massas, a interação eletrostática pode ser atrativa ou repulsiva e está vinculada às propriedades de carga elétrica [3].

Um aspecto crucial da Lei de Coulomb é sua dependência com o inverso do quadrado da distância ($1/r^2$), validada experimentalmente com alta precisão em escalas macroscópicas. Estudos indicam que desvios dessa relação podem ocorrer em escalas subatômicas, onde efeitos quânticos se tornam significativos, mas, para fenômenos clássicos, a lei mantém sua aplicabilidade [8]. Além disso, o princípio da superposição permite calcular a força resultante em sistemas com múltiplas cargas, somando vetorialmente as contribuições individuais de cada interação [5].

Experimentalmente, Coulomb chegou a essa lei utilizando uma balança de torção (conforme Figura 1) para medir forças entre pequenas esferas carregadas, estabelecendo as bases quantitativas do eletromagnetismo [4][5]. Sua descoberta não apenas permitiu a compreensão de fenômenos eletrostáticos, como também serviu de inspiração para o desenvolvimento da teoria de campos por Michael Faraday e, posteriormente, para as equações de Maxwell.

A aplicação da Lei de Coulomb estende-se a diversos contextos, desde o cálculo de forças em estruturas atômicas até a análise de circuitos elétricos e dispositivos tecnológicos.

Em síntese, a Lei de Coulomb representa uma relação fundamental para a física, integrando conceitos de proporcionalidade, vetores e interações à distância, e permanece como um marco na transição entre a filosofia natural e a física matemática moderna [1][4].

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para realizar o experimento, utilizou-se o simulador “Lei de Coulomb” da plataforma PhET Interactive Simulations, uma ferramenta virtual que permite manipular cargas elétricas, ajustar distâncias entre partículas e visualizar em tempo real a força eletrostática resultante. O simulador oferece duas escalas de análise: **macroscópica** (para cargas pontuais) e **atômica** (para interações entre partículas subatômicas):

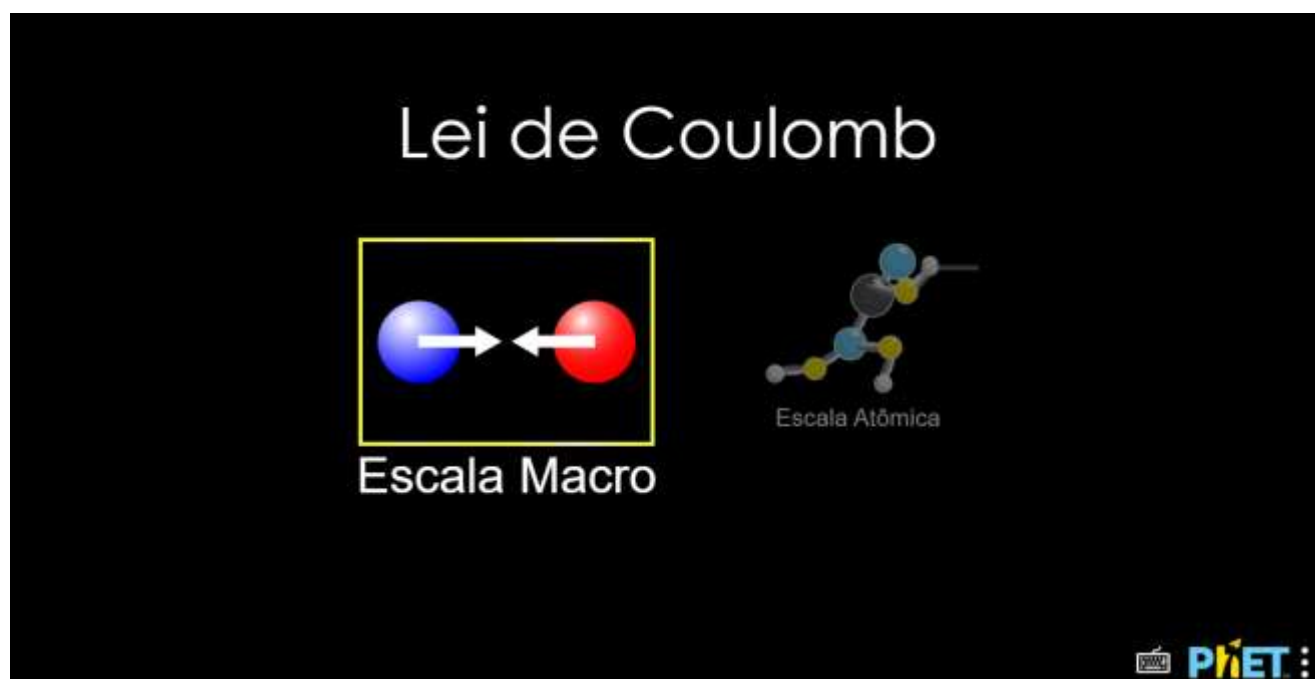


Figura 2: Página inicial do laboratório virtual da simulação Lei de Coulomb (PhET).

Fonte: PhET Interactive Simulations (Lei de Coulomb).

Ao acessar a opção de **Escala Macro**, o ambiente do laboratório virtual direciona o usuário para o local onde duas cargas são apresentadas a uma determinada distância uma da outra. (conforme Figura 3).

A carga 1 (q_1) e a carga 2 (q_2), com seus respectivos valores em microcoulomb de $-4 \mu\text{C}$ e $8 \mu\text{C}$, estavam a uma distância de 3cm uma da outra.

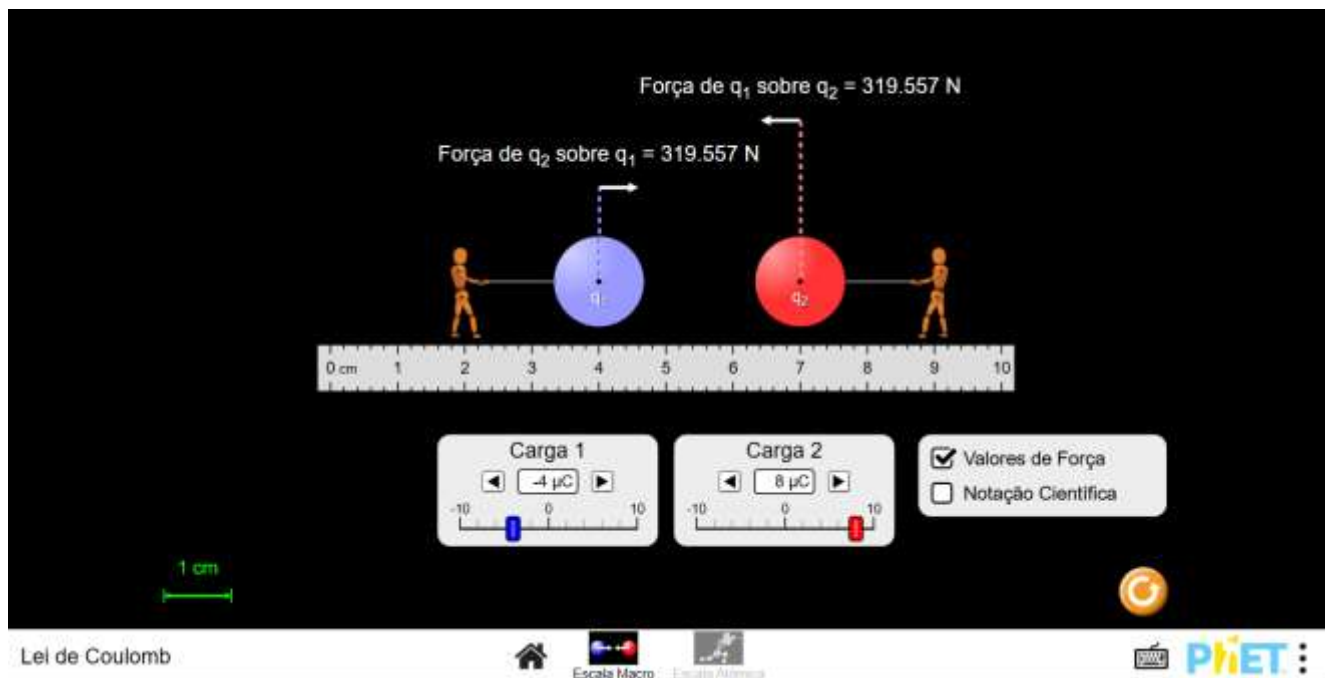


Figura 3: Local do laboratório virtual referente a Escala Macro da simulação Lei de Coulomb (PhET) mostrando duas cargas elétricas com sinais opostos resultando em forças atrativas.

Fonte: PhET Interactive Simulations (Lei de Coulomb).

A primeira observação a ser feita é que ambas as cargas exercem forças de mesmo módulo e mesma direção, com intensidade igual a 319,557N. Vale salientar que as forças têm sentidos contrários e são **atrativas**, pois uma carga é negativa e a outra é positiva. Por outro lado, quando ambas as cargas possuem o mesmo sinal — sejam positivas ou negativas —, a interação resulta em forças **repulsivas**, também com igual módulo e direção, mas com sentidos que se afastam.

Após essas observações iniciais, a opção de “Notação Científica” foi selecionada. Assim, a força passou a ser representada como $3,20 \times 10^2 \text{ N}$.

Mantendo a mesma distância de 3cm, dois valores diferentes foram selecionados para a carga 1 (q_1) e a carga 2 (q_2), sendo respectivamente $3 \mu\text{C}$ e $10 \mu\text{C}$ (conforme Figura 4):

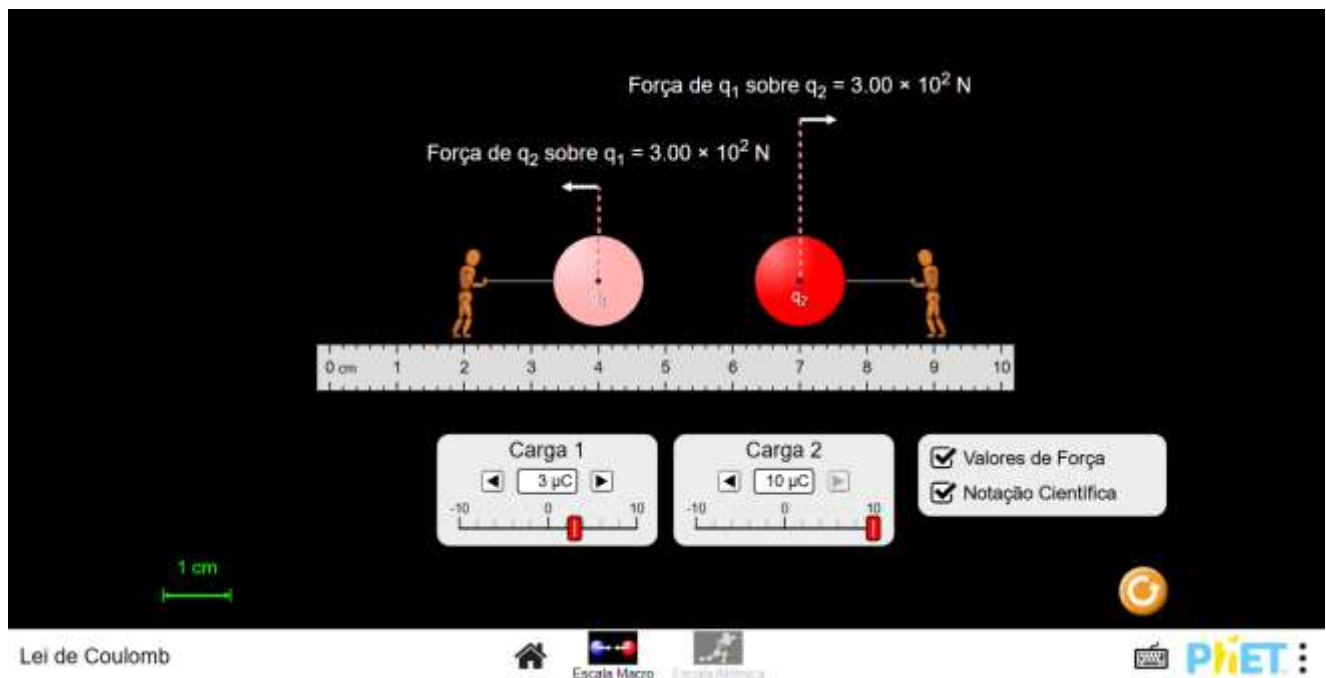


Figura 4: Duas cargas elétricas positivas resultando em forças repulsivas.

Fonte: PhET Interactive Simulations (Lei de Coulomb).

Foi possível notar que ambas as cargas exerceram forças de mesmo módulo e mesma direção, com intensidade igual a $3,00 \times 10^2$ N em sentidos opostos, mas de natureza repulsiva.

A carga menor exerceu uma força de $3,00 \times 10^2$ N sobre a carga maior, e a carga maior exerceu a mesma força sobre a carga menor. Conforme pode ser analisado matematicamente através da Equação (1) referente a força eletrostática entre duas cargas pontuais, ambas as cargas exercem a mesma força uma sobre a outra.

Ao dobrar a distância r , a força eletrostática reduziu para $\frac{1}{4}$ do valor anterior. Este resultado valida a relação de proporcionalidade inversa ao quadrado da distância:

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

Outro procedimento realizado foi a anulação de uma das cargas (conforme pode ser observado na Figura 5).

Quando foi atribuída carga nula a uma das esferas, enquanto a outra recebeu uma carga de $10 \mu\text{C}$. Observou-se que, sob essas condições, não houve interação eletrostática entre as cargas.

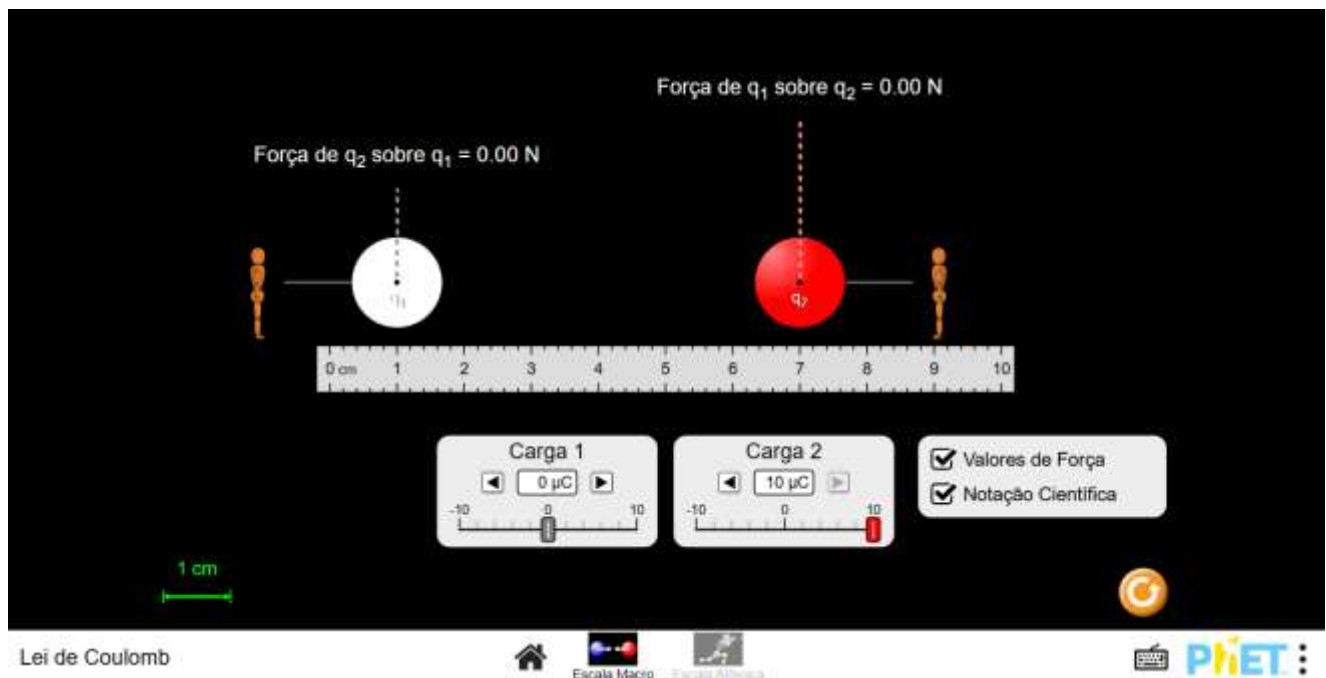


Figura 5: Uma esfera sem carga elétrica próxima de outra esfera com carga elétrica resultando na ausência de força eletrostática.

Fonte: PhET Interactive Simulations (Lei de Coulomb).

Também foi acessada a tela de **Escala Atômica** do laboratório virtual, onde duas partículas com cargas elétricas são apresentadas a uma determinada distância uma da outra (conforme Figura 6).

Notou-se que a unidade de medida da carga elétrica é um **múltiplo da carga elementar** (e), onde:

$$e \approx 1,602 \times 10^{-19} \text{ C} \quad (6)$$

As partículas de carga 1 (q_1) e carga 2 (q_2), com seus respectivos valores em escala atômica (e) de $-2e$ e $4e$, estavam a uma distância em picômetro equivalente a 40pm uma da outra.

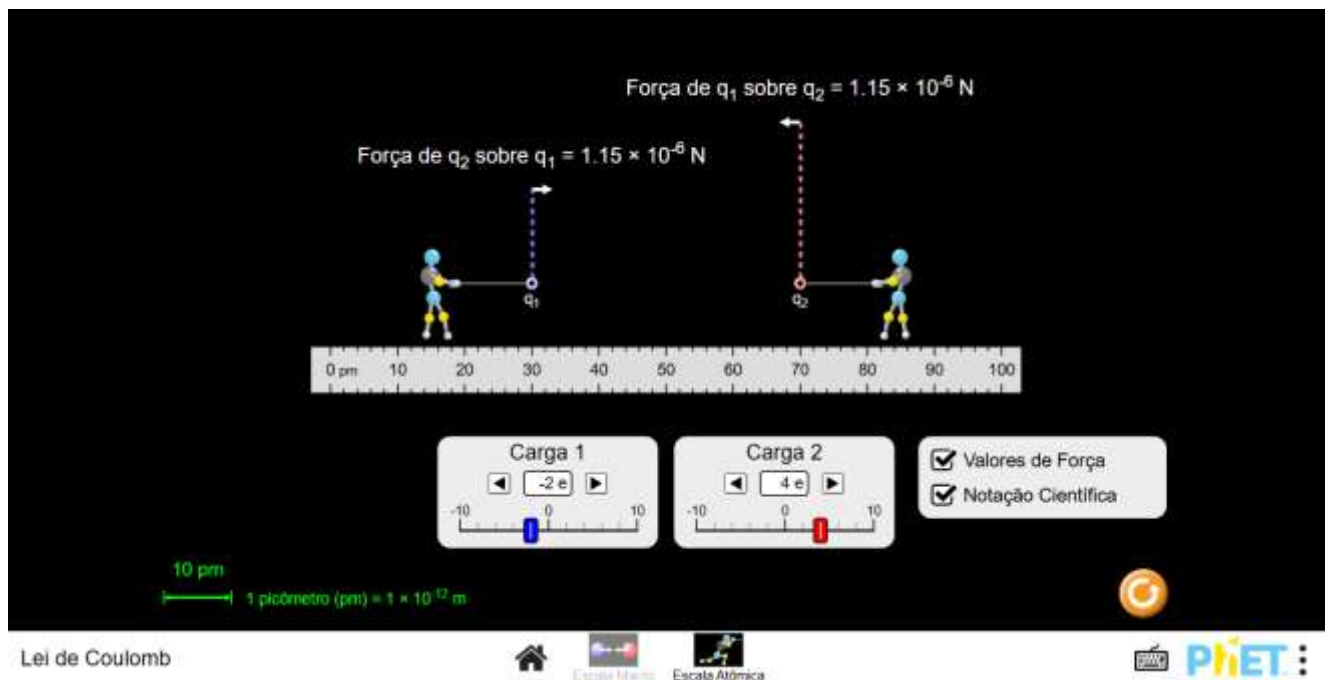


Figura 6: Representação da Escala Atômica na simulação Lei de Coulomb (PhET).

Fonte: PhET Interactive Simulations (Lei de Coulomb).

Ambas as cargas exercem forças de mesmo módulo e mesma direção, com intensidade igual a $1,15 \times 10^{-6}$ N, em sentidos opostos, mas de natureza atrativa.

Foi possível observar o que acontece com a força eletrostática no momento em que a distância r varia: Ao diminuir a distância r entre as duas cargas elétricas pela metade, a força eletrostática quadruplica, conforme previsto pela Lei de Coulomb.

Também foi observado que se uma das cargas (q_1 ou q_2) aumenta, a força eletrostática aumenta proporcionalmente.

Se uma delas diminui, a força eletrostática diminui. A relação entre a força eletrostática e as cargas elétricas pode ser expressa como uma proporção direta, conforme a Lei de Coulomb:

$$F \propto |q_1 \cdot q_2|$$

Mantendo a mesma distância de 40 pm, dois valores diferentes foram selecionados para a carga 1 (q_1) e a carga 2 (q_2), sendo respectivamente $-7e$ e $-5e$. A intensidade da força eletrostática foi de $5,05 \times 10^{-6}$ N.

Para calcular a constante eletrostática (k_e) do vácuo, foi utilizada a Equação (2). Mas, antes, foi necessário converter as seguintes unidades de medida conforme o Sistema Internacional de Unidades (SI):

$$q_1 = -7e$$

$$q_1 = -7 \times (1,602 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$q_1 = -1,121 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$q_2 = -5e$$

$$q_2 = -5 \times (1,602 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$q_2 = -0,801 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$r = 40 \text{ pm}$$

$$r = 40 \times 10^{-12} \text{ m}$$

Aplicando a Equação (2), temos que:

$$k_e = \frac{(5,05 \times 10^{-6} \text{ N}) \cdot (40 \times 10^{-12} \text{ m})^2}{|(-1,121 \times 10^{-18} \text{ C}) \cdot (-0,801 \times 10^{-18} \text{ C})|}$$

$$k_e = \frac{5,05 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot 1,6 \times 10^{-21} \text{ m}^2}{0,898 \times 10^{-36} \text{ C}^2}$$

$$k_e = \frac{8,08 \times 10^{-27} \text{ N} \cdot \text{m}^2}{0,898 \times 10^{-36} \text{ C}^2}$$

$$k_e \approx 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

Ao obter o valor da constante eletrostática (k_e) do vácuo, foi possível calcular a permissividade elétrica (ϵ_0) do vácuo a partir da Equação (3), obtendo a seguinte expressão:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k_e} \quad (7)$$

Logo,

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \times (8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{1,130 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

$$\epsilon_0 \approx 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

Ainda no laboratório virtual PhET Interactive Simulations, foi possível executar o seguinte experimento na opção de

Escala Macro:

Foi atribuído a carga 1 (q_1) e a carga 2 (q_2) os respectivos valores em microcoulomb: $10\ \mu\text{C}$ e $8\ \mu\text{C}$.

A partir daí as cargas foram colocadas na menor distância que o laboratório virtual permitiu ($0,014\text{m}$) e a força eletrostática foi anotada ($3668,338\text{N}$).

Depois, a distância foi variada para ($0,020\text{m}$) e uma nova força eletrostática foi anotada ($1797,510\text{N}$). As cargas foram afastadas cada vez mais, e novos valores da força eletrostática foram obtidos (conforme pode ser observado na Tabela 1):

Tabela 1: Valores da força eletrostática (F) em função da distância (r).

Distância r (m)	Força eletrostática F (N)
0,014	3668,338
0,020	1797,510
0,030	798,893
0,040	449,378
0,050	287,602
0,060	199,723
0,070	146,736
0,080	112,344
0,090	88,766
0,100	71,900

Fonte: Autoria própria.

A partir dos dados da tabela, foi elaborado o gráfico da força (F) em função da distância (r):

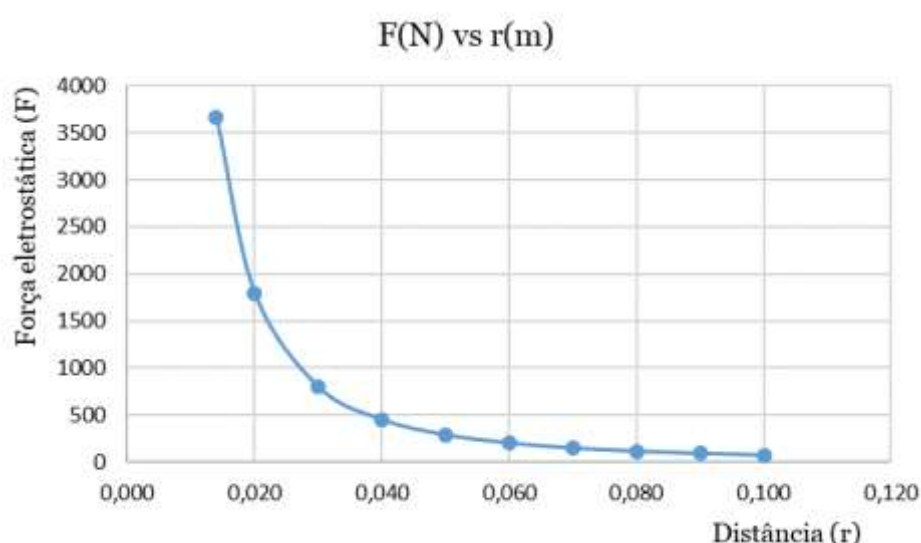


Figura 7: Gráfico 1: Gráfico de experimento que mostra a força eletrostática (F) em função da distância (r).

Fonte: Autoria própria.

Na representação gráfica da força eletrostática (F) em função da distância (r) é possível notar que a força eletrostática decai à medida que a distância entre as cargas aumenta. Dessa maneira, pode-se inferir que:

$$F \propto r^n$$

ou

$$F = C \cdot r^n$$

Para descobrir o valor de n , que representa o fator determinante para se encontrar a relação de vínculo entre a força eletrostática e a distância entre as cargas, foi realizado o processo de linearização da curva.

Aplicando logaritmo nos dois termos da equação, temos:

$$\log(F) = \log(C \cdot r^n)$$
$$\log(F) = \log(C) + n \cdot \log(r)$$

Aplicando mudança de variável, temos:

$$\log(F) = Y$$
$$\log(C) = k$$
$$\log(r) = X$$

Logo,

$$Y = k + n \cdot X \quad (8)$$

Aplicando logaritmo nas duas colunas da Tabela 1, temos:

Tabela 2: Aplicação de logaritmo nos valores da distância e da força eletrostática.

$\log(r)$	$\log(F)$
-1,853871964	3,564469345
-1,698970004	3,254671315
-1,522878745	2,902488616
-1,397940009	2,652611807
-1,301029996	2,458791902
-1,22184875	2,300428081
-1,15490196	2,166536676
-1,096910013	2,050549883
-1,045757491	1,94824665
-1	1,85672889

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, utilizando a ferramenta computacional Excel, foi realizada a linearização da curva do Gráfico 1, obtendo o gráfico a seguir:

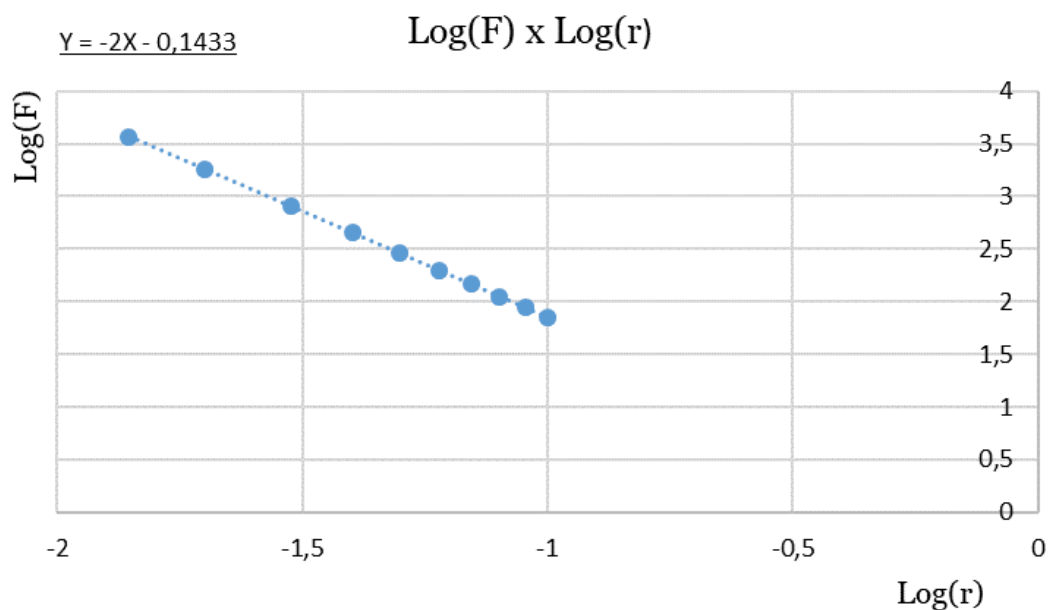


Figura 8: Linearização da curva do Gráfico 1 e obtenção da equação da reta.

Fonte: Autoria própria.

Ainda no Excel, foi possível obter a seguinte equação da reta:

$$Y = -2X - 0,1433$$

Comparando com a Equação 8, podemos inferir:

$$n = -2$$

$$k = -0,1433$$

Sabendo que:

$$\log(C) = k$$

$$\log(C) = -0,1433$$

$$C = 10^{-0,1433}$$

$$C \approx 0,719$$

Foi possível determinar o valor de $|q_1 \cdot q_2|$:

$$C = \frac{|q_1 \cdot q_2|}{4\pi\epsilon_0}$$

$$|q_1 \cdot q_2| = C \cdot 4\pi\epsilon_0$$

$$|q_1 \cdot q_2| = 0,719 \cdot 4\pi \cdot (8,85 \times 10^{-12})$$

$$|q_1 \cdot q_2| \approx 80 \times 10^{-12}$$

Os valores atribuídos às cargas no laboratório virtual foram:

$$q_1 = 10 \mu\text{C} = 10 \times 10^{-6}\text{C}$$

$$q_2 = 8 \mu\text{C} = 8 \times 10^{-6}\text{C}$$

Logo,

$$|q_1 \cdot q_2| = 80 \times 10^{-12}\text{C}^2$$

Assim, a partir dos dados experimentais, chegou-se à relação de vínculo entre as grandezas F , $|q_1 \cdot q_2|$ e r . Ou seja, $F = f(|q_1 \cdot q_2|, r)$:

$$F = \frac{|q_1 \cdot q_2|}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} \quad (9)$$

Corroborando a teoria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS ENTRE AS FORÇAS GRAVITACIONAIS E ELETROSTÁTICAS

A força gravitacional (F_g) e a força eletrostática (F_e) são fundamentais na natureza e compartilham algumas características importantes, mas também apresentam diferenças essenciais. Ambas seguem uma **lei do inverso do quadrado da distância**. Matematicamente, isso pode ser expresso como:

$$F_g \propto \frac{1}{r^2} \quad \text{e} \quad F_e \propto \frac{1}{r^2}$$

Além disso, ambas são **forças de ação à distância**, atuando mesmo no vácuo, sem a necessidade de um meio material.

No entanto, existem diferenças fundamentais:

5.1.1 NATUREZA DAS INTERAÇÕES:

- A força gravitacional é sempre **atrativa**, pois depende das massas dos corpos e não há massa negativa.
- A força eletrostática pode ser **atrativa ou repulsiva**, dependendo do sinal das cargas envolvidas (cargas de mesmo sinal se repelem, enquanto cargas de sinais opostos se atraem).

5.1.2 CONSTANTES DE PROPORCIONALIDADE:

- A constante gravitacional (G) é extremamente pequena ($6,674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$), tornando a gravidade significativa apenas para corpos com massas muito grandes, como planetas.
- A constante eletrostática (k_e) é muito maior ($8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$), fazendo com que as forças elétricas sejam dominantes em escalas atômicas e moleculares.

5.2. MAGNITUDES DAS FORÇAS GRAVITACIONAIS E ELETROSTÁTICAS NO ÁTOMO DE HIDROGÊNIO

No átomo de hidrogênio, um elétron orbita um próton devido à atração eletrostática. Para comparar as magnitudes das forças gravitacional (F_g) e eletrostática (F_e), consideramos:

- Carga do próton ($q_p = +e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$)
- Carga do elétron ($q_e = -e = -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$)
- Massa do próton ($m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$)
- Massa do elétron ($m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$)
- Distância média no átomo de hidrogênio ($r \approx 5,29 \times 10^{-11} \text{ m}$)

5.2.1 FORÇA ELETROSTÁTICA (LEI DE COULOMB):

$$F_e = k_e \frac{|q_p \cdot q_e|}{r^2}$$

$$F_e = 8,99 \times 10^9 \cdot \frac{(1,602 \times 10^{-19})^2}{(5,29 \times 10^{-11})^2}$$

$$F_e \approx 8,24 \times 10^{-8} \text{ N}$$

5.2.2 FORÇA GRAVITACIONAL (LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL):

$$F_g = G \frac{m_p \cdot m_e}{r^2}$$

$$F_g = 6,674 \times 10^{-11} \cdot \frac{(1,673 \times 10^{-27})(9,109 \times 10^{-31})}{(5,29 \times 10^{-11})^2}$$

$$F_g \approx 3,63 \times 10^{-47} \text{ N}$$

A razão entre as forças é:

$$\frac{F_e}{F_g} \approx \frac{8,24 \times 10^{-8}}{3,63 \times 10^{-47}} \approx 2,27 \times 10^{39}$$

Isso demonstra que a força eletrostática é **extremamente dominante** em escalas atômicas e é da ordem de 1039 vezes maior que a força gravitacional.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho utilizou a simulação interativa “Lei de Coulomb” do PhET para investigar de forma quantitativa os principais aspectos da interação eletrostática entre cargas pontuais. Através da variação sistemática das magnitudes de q_1 e q_2 e da distância r que as separa, comprovou-se experimentalmente a dependência direta da força eletrostática com o produto das cargas e sua queda com o quadrado da distância ($F \propto |q_1 q_2|/r^2$), em perfeito acordo com a formulação clássica da Lei de Coulomb.

A partir dos dados coletados, estimou-se a constante eletrostática k_e do vácuo em $8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ e, por conseguinte, determinou-se a permissividade elétrica do vácuo $\epsilon_0 \approx 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$, valores que se alinham com as referências teóricas. Observou-se também a simetria das forças de ação e reação, independentemente dos sinais das cargas, e confirmou-se que cargas de sinais

opostos produzem atração, enquanto cargas de mesmo sinal produzem repulsão; cargas nulas não geram interação de força, reforçando a condição essencial da presença de carga.

Na escala atômica, a comparação entre força eletrostática e gravitacional em um átomo de hidrogênio revelou que a interação elétrica supera a gravitacional na ordem de 10^{39} vezes, demonstrando o caráter preponderante da eletrostática na estrutura e estabilidade dos átomos.

Por fim, a aplicação do ambiente PhET mostrou-se didaticamente eficaz, permitindo a visualização imediata e a manipulação de variáveis que seriam de difícil controle em um laboratório convencional.

REFERÊNCIAS

- [1] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos da Física: eletromagnetismo. Volume 3. 10ª edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2016.
- [2] RAMALHO, A.; FERRARO, N.; TOLEDO, J. Os Fundamentos da Física: eletricidade, introdução a física moderna e análise dimensional. Volume 3. 9ª edição. Editora Moderna. São Paulo, 2009.
- [3] YAMAMOTO, Kazuhito; FUKE, Luiz Felipe. Física para o Ensino Médio: eletricidade e física moderna. Volume 3. 4ª edição. Editora Saraiva. São Paulo, 2016.
- [4] YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Sears e Zemansky. Física III: eletromagnetismo. Volume 3. 14ª edição. Editora Pearson. São Paulo, 2015.
- [5] SERWAY, Raymond A.; JEWETT Jr., John W. Princípios de Física: eletromagnetismo. Volume 3. 3ª edição. Editora Thomson. São Paulo, 2006.
- [6] UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. Lei de Coulomb [recurso eletrônico]. PhET Interactive Simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_pt_BR.html. Acesso em: 13 maio 2025.
- [7] CORTES DE MATEMÁTICA E FÍSICA. Aprendendo a constante eletrostática do meio — Renato Brito. YouTube, 12 min. 06 seg., 21 mar. 2023. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=rg0VVI_iE9I. Acesso em: 14 maio 2025.
- [8] MACHET, Bruno; VYSOTSKY, M. I. Modification of Coulomb law and energy levels of the hydrogen atom in a superstrong magnetic field. Physical Review D, 2011. DOI: 10.1103/PhysRevD.83.025022.

Capítulo 5



10.37423/250610097

ANÁLISE MULTICRITÉRIO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM UMA SUB-BACIA DO ALTO RIO DESCOBERTO - DISTRITO FEDERAL

Arthur Ferreira de Andrade

Universidade de Brasília

Wagner Santos de Almeida

Universidade de Brasília



Resumo: Este estudo investiga a dinâmica ambiental pela evolução do uso e cobertura do solo em uma sub-bacia hidrográfica do Centro-Oeste nos anos de 2003, 2013 e 2023. Para tanto, foram necessários o uso de imagens de satélite, modelos numéricos de terreno, mapa pedológico e dados de estações pluviométricas, analisados por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Mapas de suscetibilidade à erosão laminar e linear, inundações e ações antrópicas foram gerados e integrados em uma análise hierárquica de processo para a caracterização da vulnerabilidade ambiental da sub-bacia. Os resultados apontam uma diminuição significativa na vegetação natural, com a expansão das áreas agropecuárias e urbanas.

Palavras-chave: Modelagem ambiental; Geoprocessamento; Degradação do solo; Gestão de bacias hidrográficas; Análise multicritério.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de vulnerabilidade ambiental está atrelado à suscetibilidade de um sistema natural sofrer alterações de forma prejudicial ao seu estado de origem, seja por influência de fatores naturais ou de origem antrópica [1]. Esses sistemas estão atrelados a inúmeras variáveis que caracterizam a degradação do meio em diferentes graus de influência. Para avaliar a vulnerabilidade, neste caso, foram consideradas a evolução histórica do uso e cobertura do solo na região da bacia e os seus arredores. Desta forma, pode-se obter as zonas de maior suscetibilidade à ocorrência de ações de origem antrópica. As regiões subjacentes de ocupações humanas, sejam para uso industrial, agrícola ou residencial, também podem sofrer alterações devido a processos naturais. Para tanto, foram coletados dados a respeito da pedologia e geologia, que são indicativos de regiões que sofrem com formações de voçorocas e ravinas devido à sua composição natural. A capacidade da chuva de carregar parte do material superficial do solo devido ao escoamento também é considerável e é levantada neste estudo, além do risco de ocorrência de inundações em regiões próximas a corpos hídricos.

A área de estudo abrange uma sub-bacia na Região Administrativa IV - Brasilândia, do Distrito Federal, que faz parte da bacia do Rio Descoberto, responsável por parte do abastecimento do Reservatório do Descoberto que integra cerca de 60% da água de abastecimento humano no Distrito Federal. Com 475 km², a região abriga 54 mil habitantes na zona urbana e cerca de 30 mil habitantes na zona rural, com uma economia regional focada na produção de hortifrutigranjeiros [2].



Figura 1: Mapa de Localização da sub-bacia do estudo

2 METODOLOGIA

2.1 SOFTWARES

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) armazenam e gerenciam dados referenciados geograficamente, integrando dados por meio de dados vetoriais e de imagem raster para análise espacial. Os softwares utilizados foram o SPRING 5.4, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), utilizado nas etapas de processamento de imagens de satélite e análise espacial na classificação de uso e cobertura do solo, o HAND Model para avaliação das linhas de drenagem e, conseqüentemente, as áreas suscetíveis a inundação, e o QGIS 3.28, que foi usado para demais atividades geoespaciais.

2.2 USO E COBERTURA DO SOLO

A delimitação da área de estudo e suas classes foi baseada em imagens de satélite LANDSAT com resolução espacial de 30 metros disponibilizadas pela United States Geological Survey (USGS), selecionadas durante o período de estiagem na região devido à necessidade e minimizar a incidência de elementos atmosféricos que possam obstruir a visualização da superfície do solo. Imagens dos meses de julho de 2003, 2013 e 2023 dos satélites LANDSAT 5, LANDSAT 8 e LANDSAT 9 respectivamente foram selecionadas.

Tabela 1: Imagens de Satélite utilizadas.

Satélite	Data	resolução
LandSat 9	1 de Julho de 2023	30 metros
LandSat 8	29 de Julho de 2013	30 metros
LandSat 5	18 de Julho de 2003	30 metros

O processamento das imagens foi realizado no SPRING, onde as etapas de realce do contraste das bandas espectrais do visível (vermelho, verde e azul) para a melhora da distinção visual entre as classes de cobertura do solo. Em seguida, foi realizada a transformação por componentes principais, que reduz a dimensionalidade dos dados e realça as diferenças espectrais. As imagens foram segmentadas em regiões homogêneas com base em critérios de similaridade espectral e área mínima. Por fim, é realizada a classificação temática, que pode ocorrer por métodos supervisionados ou não. Neste caso, foi selecionado o método de Bhattacharya, que é um classificador supervisionado que

mede a separabilidade estatística entre pares de classes espectrais [3]. As classes temáticas definidas para este estudo estão apresentadas na tabela:

Tabela 2: Classificação temática das imagens de satélite.

Classes temáticas
Corpos d'água
Formação natural não florestal
Formação florestal
Área urbana
Agropecuária e zona rural

2.3 EROSÃO LINEAR

A erosão linear é um processo erosivo caracterizado pelo desprendimento e transporte de partículas do solo. Este fenômeno leva ao surgimento de canais ou sulcos, que intensificam a remoção concentrada de material ao longo do percurso de escoamento da água.

A ocorrência da erosão linear é influenciada, sobretudo, pelo tipo de solo e pela declividade do terreno [4]. Para caracterizar a suscetibilidade a esse tipo de erosão na área de estudo, foram combinados os mapas de unidades geológicas e pedológicas com os dados de declividade obtidos do modelo numérico de terreno. Essa análise integrada requer a classificação dos mapas segundo a textura e a espessura do solo, atribuindo-se o grau I aos solos menos suscetíveis e os graus intermediário (II) e alto (III) aos demais, de acordo com seu nível de influência. As tabelas 3 e 4 detalham a classificação dessas unidades.

Tabela 3: Classificação das Unidades Pedológicas conforme o grau de suscetibilidade à erosão.

Classe	Tipo de Solo	Grau
CXd1	Cambissolo Háplico	III
LVd3	Latossolo Vermelho Argiloso	II
LVAd11	Latossolo Vermelho Cascalhento	II
LVAd2	Latossolo vermelho Amarelo	I

Tabela 4: Classificação das Unidades Geológicas conforme o grau de suscetibilidade à erosão.

Classe	Tipo de Solo	Grau
MNPpr4	Metarritmito Argiloso	III
MNPpq3	Quartzitos Médios	II

2.4 EROSÃO LAMINAR

O modelo de dimensionamento da perda de solo superficial pela ação da precipitação na região é conhecido como equação universal de perda de solos (EUPS) desenvolvido por Wischmeier & Smith (1978). Essa perda, expressa em toneladas por hectare ao ano, é definida pela combinação de diferentes fatores que afetam a intensidade da remoção superficial do solo por meio de algoritmo de geoprocessamento de álgebra de mapas em formato matricial [5].

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

A equação considera seis fatores que influenciam a erosão do solo:

- Fator R: Erosividade da chuva;
- Fator K: Erodibilidade do solo;
- Fator L: Comprimento de rampa;
- Fator S: Declividade;
- Fator C: Uso e manejo do solo
- Fator P: Práticas conservacionistas.

Os valores obtidos pelo cruzamento dos fatores foi classificado de forma adaptada a classificação de Guimaraes (2010), através de oito classes de suscetibilidade [6]. A tabela 5 apresenta a Classificação da perda de solo.

Tabela 5: Classificação da perda de solo.

Classe	Perda de solo ($ton \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$)
I	0 – 1
II	1 – 3
III	3 – 5
IV	5 – 10
V	10 – 20
VI	20 – 50
VII	50 – 200
VIII	> 200

- Fator R: Representa a capacidade da intensidade das chuvas causar a perda de solo em uma área sem cobertura vegetal, expresso em $(MJ.mm)/(ha.h.ano)$ é a principal fonte de energia do sistema da EUPS, sendo calculado a partir da média anual emensal de precipitação na região [7]:

$$El_{30} = 67,335 \cdot \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (2)$$

Onde El_{30} é o índice de erosividade, r é a precipitação mensal e P a precipitação anual. Foram utilizados dados de estações pluviométricas disponibilizadas pelo portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para observar a precipitação ao longo da série histórica. Os dados gerados foram obtidos a partir das estações pluviométricas citadas na Tabela 7. Os dados gerados para cada uma das estações foi interpolado pelo método do Inverso da Distância (IDW) para gerar o mapa de erosividade da chuva na região da sub-bacia.

Tabela 6: Estações pluviométricas.

Estação	Latitude	Longitude	Série Histórica
1548000	-15,6711	-48,2219	1978 - 2014
1548007	-15,6592	-48,1906	1978 - 2023
1548009	-15,7111	-48,0925	1978 - 2009
1548012	-15,7389	-48,1069	1988 - 2009

. Fator K: Baseado nas características pedológicas a erodibilidade do solo é determinada a partir de valores adimensionais adaptados de Bertoni & Lombardi Neto (1990) para as diferentes classes pedológicas presentes no mapa do Distrito Federal disponibilizado pelo Sistema Distrital de Informações Ambientais (SISDIA). A tabela 7 apresenta os valores adaptados:

Tabela 7: Erodibilidade das classes de pedologia

Classe	Tipo de solo	Fator K
CXd1	Cambissolo Háplico	0,05
LVd3	Latossolo Vermelho Argiloso	0,013
LVAd11	Latossolo Vermelho Cascalhento	0,024
LVAd2	Latossolo vermelho Amarelo	0,035

- Fator LS: Os fatores de comprimento e declividade de rampa são definidos como a distância do ponto inicial de decaimento da água até o ponto de sedimentação e formação de vales. Para suas determinações, foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) Copernicus corrigido com resolução espacial de 30 metros, disponibilizado pela OpenTopography. Os fatores L e S foram calculados separadamente em etapas, seguindo os modelos de comprimento de rampa [9] e declividade [10] propostos, utilizando uma ferramenta de álgebra de mapas para calcular o raster conforme as equações a seguir:

$$\beta = \frac{\left(\frac{\sin \theta}{0,0896}\right)}{(3 \cdot \sin \theta^{0,8} + 0,56)} \quad (3)$$

$$m = \frac{\beta}{(1 + \beta)} \quad (4)$$

$$L_{i,j} = \frac{((A_{i,j} + D^2)^{m+1} - (A_{i,j})^{m+1})}{X_{i,j}^m \cdot D^{m+2} \cdot 22,13^m} \quad (5)$$

$$S = \begin{cases} 10,8 \cdot \sin \theta + 0,03 & \text{se } \theta < 9\% \\ 16,8 \cdot \sin \theta - 0,5 & \text{se } \theta \geq 9\% \end{cases} \quad (6)$$

Onde β é o quociente entre a erosão em sulcos e entressulcos, m é um coeficiente dependente da declividade, $X_{i,j}$ é o valor da direção de fluxo, D é o tamanho da célula de pixel, θ é a declividade do terreno em graus, $A_{i,j}$ é a acumulação de fluxo, $L_{i,j}$ é o fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas $[i, j]$ e S é uma condicionante em relação a declividade do terreno.

- Fator C: O uso e manejo do solo é crucial na EUPS, pois representa a influência da atividade humana na suscetibilidade à erosão, seu valor varia de 0 a 1, onde valores próximos de 0 indicam boa proteção do solo a processos erosivos enquanto que valores próximos a 1 indicam alta suscetibilidade. A metodologia utilizada permite uma Análise detalhada da suscetibilidade com base na conservação da vegetação, avaliada pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que é calculado pela equação:

$$NDVI = \frac{Banda5 - Banda4}{Banda5 + Banda4} \quad (7)$$

Para converter o NDVI em valores do fator C, utilizamos:

$$C = \frac{-NDVI + 1}{2} \quad (8)$$

- Fator P: Refere-se às práticas conservacionistas associadas ao uso do solo. Foram atribuídos valores propostos por Costa (2014) para as regiões delimitadas pelas diferentes classes temáticas do mapa de uso e cobertura do solo [11]. A Tabela 8 apresenta os valores do fator P.

Tabela 8: Valores do Fator P.

Classe Temática	Fator P
Corpos d'água	1
Formação natural não florestal	0,8
Formação florestal	0,9
Área não vegetada urbana	0,7
Agropecuária	0,4

2.5 SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO

A modelagem da suscetibilidade à inundação foi realizada utilizando o modelo HAND (Height Above Nearest Drainage), que é gerado a partir de um modelo digital de elevação (DEM). Para garantir a precisão dos dados, o DEM é ajustado para corrigir depressões, definir os caminhos de fluxo e calcular um mapa de área acumulada, etapas que são executadas dentro do HAND Model. O modelo HAND funciona ao calcular a altura de cada célula do terreno em relação à drenagem mais próxima. Esse cálculo é feito considerando a topografia local e a rede de drenagem, permitindo que o modelo identifique áreas que estão em elevações mais baixas e, portanto, mais propensas a acumular água durante eventos de chuva intensa. As células com valores de HAND baixos indicam que estão mais próximas da drenagem e, conseqüentemente, têm maior risco de inundação, enquanto células com valores mais altos estão em elevações superiores e são menos suscetíveis a inundações [12].

2.6 AÇÕES ANTRÓPICAS

O mapa de suscetibilidade às ações antrópicas foi gerado pelo método de sobreposição de imagens dos mapas de uso e cobertura do solo, no qual foi caracterizada a expansão da mancha de áreas antropizadas (urbanas e agropecuárias). Os graus de vulnerabilidade foram definidos com base no período de ocorrência das mudanças na paisagem, analisando-se as transformações de áreas anteriormente cobertas por vegetação ou zonas naturais do Cerrado que foram alteradas por atividades humanas. A Tabela 9 apresenta os graus de vulnerabilidade referentes às classes do mapa de suscetibilidade às ações antrópicas.

Tabela 9: Graus de vulnerabilidade referentes as classes do mapa de suscetibilidade a ações antrópicas.

Classes	Grau
Áreas antropizadas entre 2013 e 2023	V
Áreas antropizadas entre 2003 e 2013	IV
Áreas antropizadas antes de 2003	III
Formação natural não florestal	II
Formação florestal	I

Entre 2013 e 2023, áreas com atividade humana receberam um peso maior, pois ainda estão em consolidação, enquanto as atividades entre 2003 e 2013 estão parcialmente consolidadas e as atividades que precedem 2003 já foram totalmente consolidadas. Áreas naturais de formação não florestal tem maior probabilidade de serem afetadas do que áreas de cobertura florestal, por isso a diferenciação de peso entre as duas.

2.7 VULNERABILIDADE AMBIENTAL

O método de análise de multicritério do tipo da Análise Hierárquica de Processos (AHP) é uma abordagem eficaz para modelar problemas que envolvem dados qualitativos e quantitativos, permitindo a gestão de incertezas. O mapa de vulnerabilidade ambiental é gerado por meio do AHP, integrando mapas de suscetibilidade à erosão laminar à erosão linear, à inundação e às ações antrópicas. Essa integração é realizada através de uma matriz de julgamento, na qual são atribuídos pesos a cada um dos mapas.

Os maiores valores de importância foram conferidos ao mapa de suscetibilidade às ações antrópicas, em virtude de sua escala cartográfica e detalhamento, fundamentados nos três mapas de uso e cobertura do solo. Em seguida, o mapa de erosão laminar foi classificado como o segundo mais relevante, devido à sua abrangência em comparação ao mapa de erosão linear. O mapa de suscetibilidade à inundação ocupa a terceira posição, uma vez que representa um risco significativo em áreas urbanas em expansão. Por último, o mapa de erosão linear é considerado o quarto fator, devido a sua menor escala cartográfica. A partir das relações ponderadas entre os mapas foi atribuído um valor numérico consistente para cada um dos pesos a serem processados na ferramenta de geoprocessamento [13]. Esse processo de julgamento é fundamental para a integração dos mapas de suscetibilidade ponderados, resultando na elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental, inserindo na calculadora raster do QGIS a fórmula a seguir:

$$VA = 0,538 \cdot P_1 + 0,314 \cdot P_2 + 0,152 \cdot P_3 + 0,056 \cdot P_4 \quad (9)$$

3 RESULTADOS

3.1 USO E COBERTURA

A Figura 2 apresenta os mapas de uso e cobertura do solo da área de estudo para os anos de 2003, 2013 e 2023. Observa-se uma significativa expansão das áreas urbanas e rurais dentro da bacia, em detrimento das regiões de cerrado e formações florestais. A área urbana central, apesar de ter sofrido algumas mudanças entre os anos de 2003 a 2023, parece ter sua expansão limitada pela presença de um corredor agrícola ao redor, o que restringe seu crescimento.

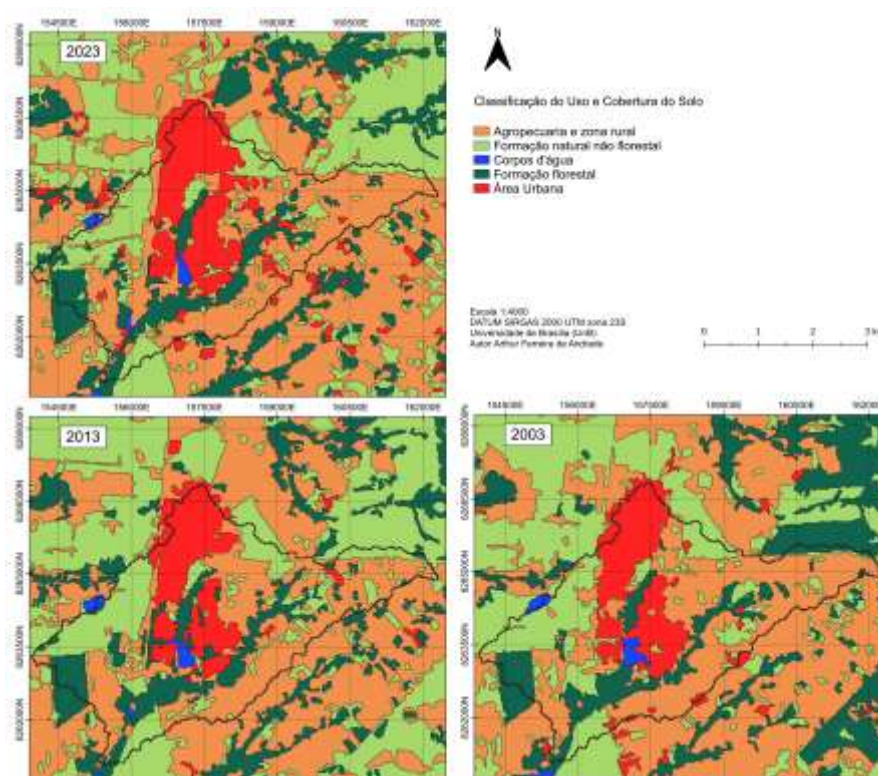


Figura 2: Mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 2023, 2013 e 2003

Tabela 10: Evolução entre os anos de 2003 a 2023 das classes temáticas de uso e cobertura do solo.

Classes temáticas	2003	2013	2023
Corpos d'água	38,1 ha	33,4 ha	27,37 ha
Área não vegetada urbana	483,8 ha	438,13 ha	630,3 ha
Formação natural não florestal	2085,9 ha	2460,7 ha	2032,9 ha
Formação florestal	1352,2 ha	1094,1 ha	1104,3 ha
Agropecuária e zona rural	2915,3 ha	2849,1 ha	3080,5 ha

Observa-se que entre os 2003 e 2023, as áreas de vegetação natural diminuíram. O cerrado caiu de 2085,9 para 2032,9 hectares, e as florestas de 1352,2 para 1104,3 hectares.

Em contraste, a área agropecuária cresceu de 2915,3 para 3080,5 hectares, tornando-se a maior em extensão. A zona urbana expandiu-se de 483,8 para 630,3 hectares em 2023.

Embora a zona agropecuária continue a ser a maior em termos absolutos, o crescimento urbano proporcional foi mais acentuado, sugerindo uma possível urbanização das áreas próximas aos limites da cidade.

3.2 MAPA DE SUSCETIBILIDADE ÀS AÇÕES ANTRÓPICAS

A reclassificação dos mapas de uso e cobertura do solo para 2003, 2013 e 2023 resultou no mapa de suscetibilidade às ações antrópicas apresentados na Figura 3.

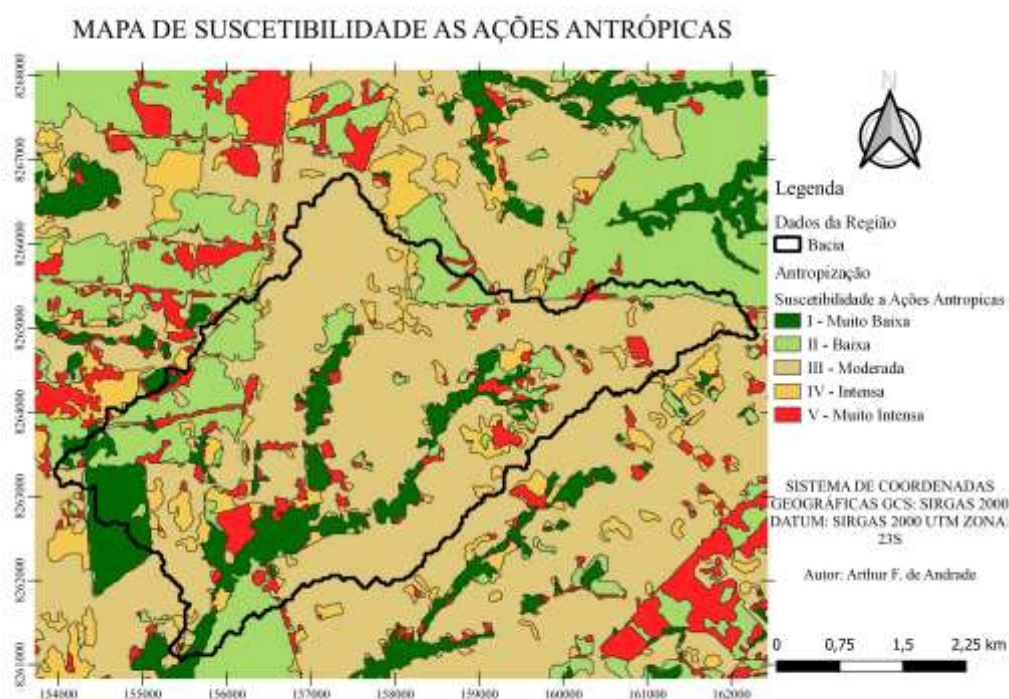


Figura 3: Mapa de suscetibilidade a ações antrópicas.

Observa-se que o ambiente foi majoritariamente antropizado devido à expansão agrícola na área rural, resultando em áreas com suscetibilidade variando de moderada à intensa.

O crescimento urbano foi limitado entre os anos analisados, apresentando suscetibilidade antrópica moderada. Destaca-se que, entre os anos de 2013 e 2023, algumas regiões de preservação da Floresta Nacional de Brasília foram antropizadas.

3.3 MAPA DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LAMINAR

A análise da suscetibilidade à erosão laminar mostra que a maioria das regiões apresenta um grau III, indicando perdas moderadas de solo. Isso ocorre devido à forte correlação com áreas de uso agrícola intensivo e solos expostos. A redução da cobertura vegetal nativa, causada pela expansão agrícola e outras atividades antrópicas, aumenta significativamente a vulnerabilidade à erosão laminar. Este tipo de erosão, que envolve o deslocamento uniforme de camadas finas de solo pela água, é agravado pela falta de vegetação que normalmente protegeria o solo. Entre 2013 e 2023, a suscetibilidade foi alta devido à continuidade dessas práticas de agricultura mecanizada associada com a ausência de medidas eficazes de conservação do solo, juntamente com a degradação da vegetação e a presença de solos pouco consolidados são fatores críticos que intensificam a erosão laminar nessas áreas. A Figura 4 apresenta o Mapa de suscetibilidade à erosão laminar.

3.4 MAPA DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LINEAR

O mapa de suscetibilidade à erosão linear foi gerado ao cruzar os mapas de geoedologia e declividade. A Figura 5 apresenta o mapa de suscetibilidade à erosão linear.

A suscetibilidade à erosão linear está associada principalmente às áreas de intenso uso agrícola e proximidade de nascentes dos cursos fluviais. Essas áreas, com práticas agrícolas intensivas e alterações na cobertura do solo ao longo dos anos, apresentam alta vulnerabilidade à erosão linear. A expansão agrícola desordenada contribui para a degradação do solo e aumenta o risco de erosão. Além disso, áreas próximas às nascentes são especialmente vulneráveis devido à declividade do terreno ser bastante elevada que resulta no escoamento superficial.

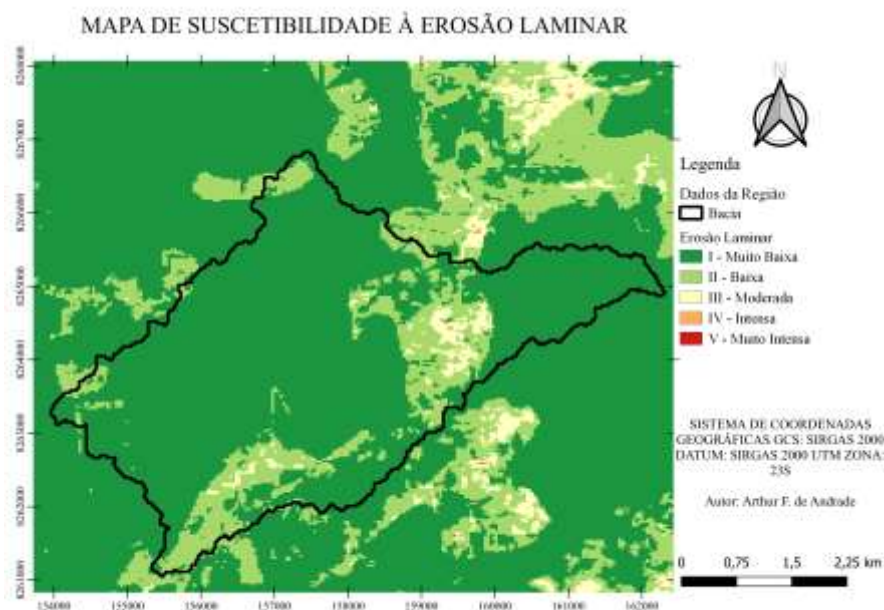


Figura 4: Mapa de suscetibilidade à erosão laminar.

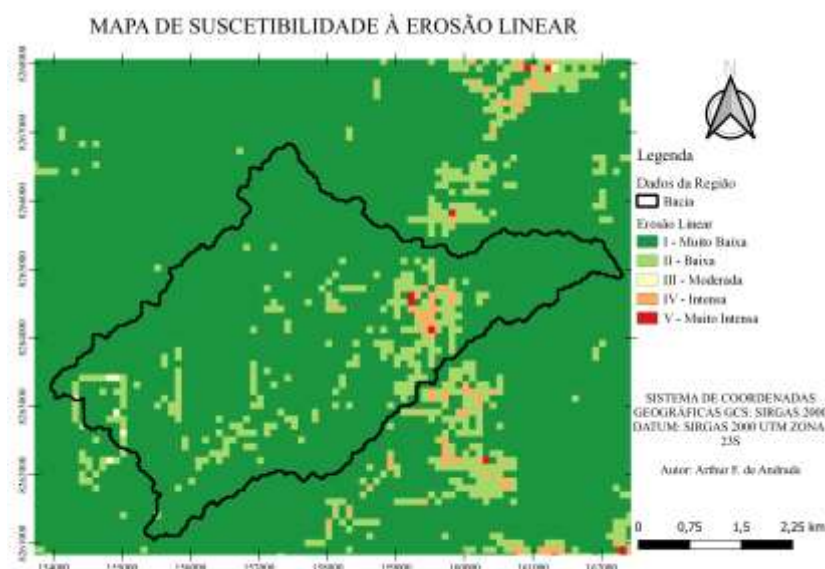


Figura 5: Mapa de suscetibilidade à erosão linear.

3.5 MAPA DE SUSCETIBILIDADE ÀS INUNDAÇÕES

A modelagem da suscetibilidade às inundações obtido com o modelo HAND revelou que as áreas com grau V, indicando alta suscetibilidade, estão principalmente localizadas perto de rios e córregos. Essas regiões, devido à proximidade com fontes de drenagem e à configuração topográfica, apresentam um alto risco de inundações. O lago artificial Espelho d'água, situado na área urbana, também mostra alta

suscetibilidade, destacando a importância de considerar o impacto de corpos d'água em áreas urbanizadas. As demais áreas do mapa têm suscetibilidade variada, com níveis geralmente mais baixos, indicando menor probabilidade de inundações em comparação com as regiões mais críticas. A Figura 6 apresenta o mapa de suscetibilidade às inundações.

3.6 MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

A Figura 7 apresenta o Mapa da de vulnerabilidade ambiental obtido com a aplicação da AHP com a álgebra de maps no sistema QGIS.

A maior parte da bacia apresenta vulnerabilidade classificada como muito baixa ou baixa, indicando condições mais estáveis em termos de risco ambiental. No entanto, áreas de maior vulnerabilidade estão concentradas em certas faixas e manchas, sugerindo que

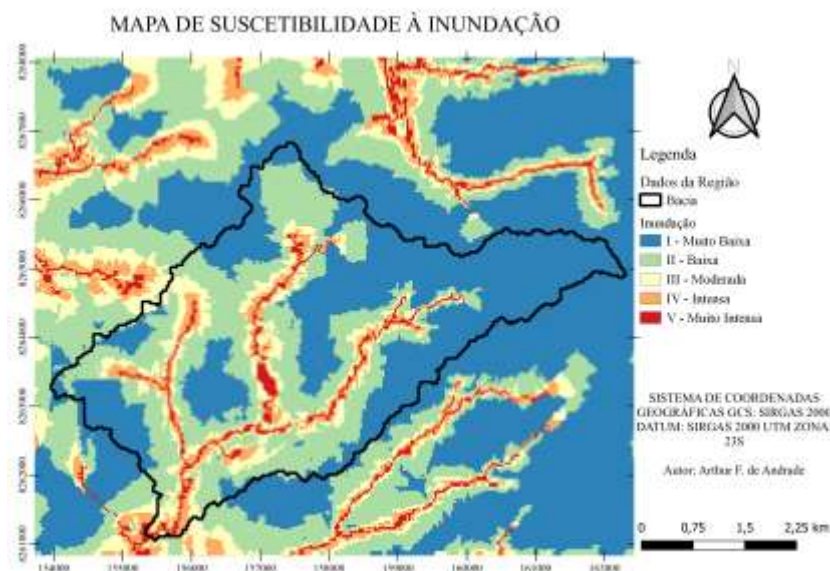


Figura 6: Mapa de suscetibilidade às inundações.

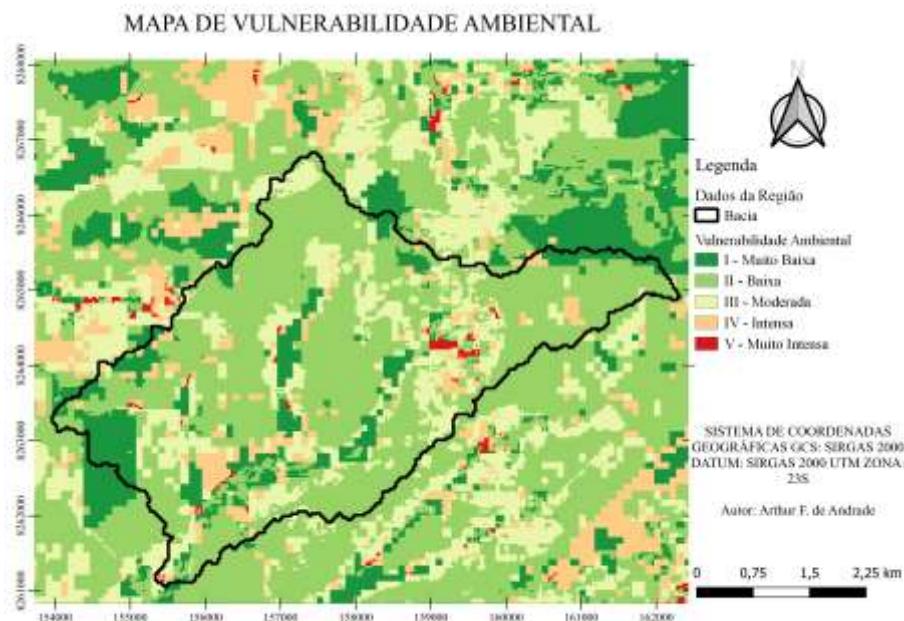


Figura 7: Mapa de vulnerabilidade ambiental.

Esses locais enfrentam fatores ambientais críticos. A combinação de topografia inclinada, de solos pouco consolidados e da expansão agrícola intensiva contribui para essa alta vulnerabilidade.

A sobreposição com regiões de alta suscetibilidade à erosão e inundação destaca a necessidade de uma abordagem integrada na gestão do território, com intervenções específicas para mitigar os impactos ambientais.

4 CONCLUSÃO

A análise espacial demonstrou que, apesar de uma expansão urbana moderada, as atividades antrópicas, especialmente a agricultura intensiva, exercem pressão significativa sobre o ambiente, resultando em uma crescente vulnerabilidade ambiental. O uso do modelo HAND para avaliar a suscetibilidade a inundações e a integração dos mapas de suscetibilidade à erosão e às ações antrópicas permitiram uma compreensão detalhada das áreas mais críticas. Particular atenção deve ser dada às zonas de proteção, como a Floresta Nacional de Brasília, que, apesar de sua importância, foi impactada pela entronização em suas bordas nos últimos anos, elevando o risco de degradação. O método utilizado para avaliar a vulnerabilidade ambiental revelou a complexidade das interações entre fatores naturais e antrópicos, ressaltando a necessidade de uma abordagem integrada na gestão do Território. Este estudo, portanto, contribui para a identificação de áreas prioritárias para conservação e recuperação. Os resultados destacam a importância da adoção de práticas de uso do

solo sustentáveis e da implementação de medidas específicas para mitigar os impactos das atividades humanas. Recomenda-se o fortalecimento das políticas de proteção ambiental, a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e a restauração de áreas degradadas, a fim de reduzir os riscos e aumentar a resiliência da paisagem.

REFERÊNCIAS

- W. S. Almeida; Maurício Martines et al. Capítulo 14: Vulnerabilidade e modelagem ambiental em bacias hidrográficas, volume 3. Gráfica UFG, Goiânia-GO, 2017.
- J. U. Souza et al. Pdad - Brasilândia. Technical report, Governo do Distrito Federal, Gerencia de Pesquisas Socioeconômicas, 2018.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Tutorial de Geoprocessamento. São José dos Campos, SP, 2010.
- I. L. Macedo. Estudo de Modelos em Ambiente de Geoprocessamento para a Previsão de Erosão e Assoreamento de Reservatórios: o Caso da Bacia do Rio Indaiá - UHE Três Marias, MG. PhD thesis, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.
- W. H. Wischmeier and D. D. Smith. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, 39:285 – 291, 1978.
- R. M. L. Guimarães; B. C. Ball; C. A. Tormena. Improvements in the visual evaluation of soil structure. Soil Use Manag., 27:395 – 403, 2010.
- F. Lombardi Neto and W. C. Moldenhauer. Erosividade da chuva, sua distribuição e relação com perdas de solos em campinas, sp. In Encontro Nacional de Pesquisa de Conservação de Solo, 3. Anais, Recife, 1980.
- J. Bertoni and F. Lombardi Neto. Conservação do solo. Livroceres, Piracicaba, 1990.
- P. J. J. Desmet; G. Govers. Journal of soil and water conservation. Journal of Soil and Water Conservation, 51:427 – 433, 1996.
- Donald K. McCool et al. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. Transactions of the ASABE, 30:1387 – 1396, 1987.
- V. L. Durigon, D. Carvalho, P. T. Oliveira, and M. A. Antunes. Ndvi time series for monitoring rusle cover management factor in a tropical watershed. International Journal of Remote Sensing, 35(2):441 – 453, 2014.
- Cuartas, L. A., Nobre, A. D., Hodnett, M. et al. Distributed hydrological modeling of a micro-scale rainforest watershed in Amazonia: Model evaluation and advances in calibration using the new HAND terrain model. Journal of Hydrology, 404:13 – 29, 2012.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G. How to make a decision. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process, 1-25, 2001.

Capítulo 6

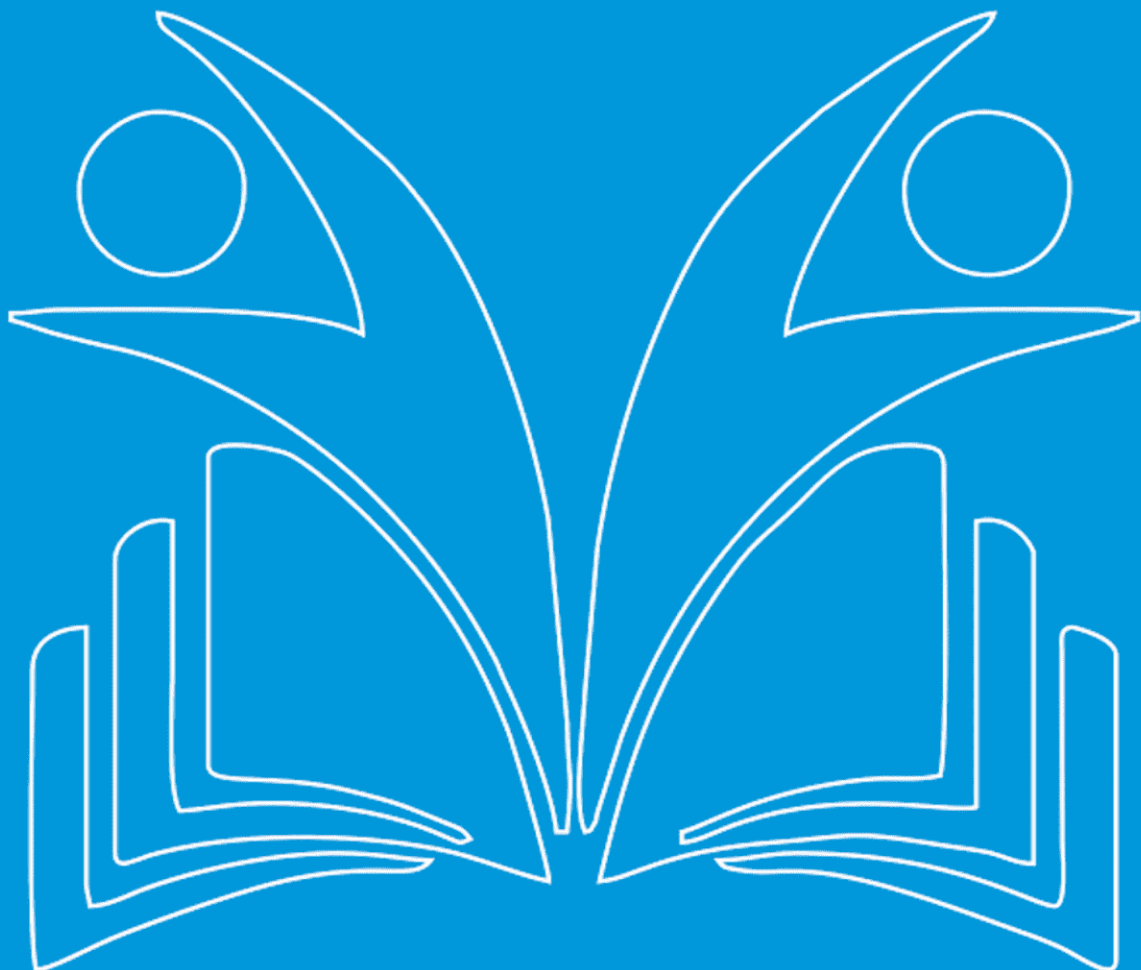


10.37423/250610163

CIÊNCIA E DISCURSO

Guilherme de Berredo Peixoto

Universidade Federal de Juiz de Fora



Resumo: Neste trabalho, apresentamos uma introdução à Teoria dos Quatro Discursos de Aristóteles, enfatizando o caráter denso e complexo da ciência enquanto discurso. O objetivo é traçar um paralelo entre essa teoria e o desenvolvimento da Filosofia da Ciência no século XX. Como resultado, podemos compreender sob essa nova chave classificatória aspectos importantes das obras de grandes filósofos da ciência, tais como Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend e Willard Quine.

Palavras-chaves: Epistemologia, História da Filosofia da Ciência, Filosofia da Ciência, Teoria dos Quatro Discursos de Aristóteles.

1. INTRODUÇÃO

A Ciência Moderna como a concebemos teve sua origem na filosofia de René Descartes em sua ruptura com a Física Aristotélica e foi ganhando corpo e solidez com as obras de importantes filósofos, matemáticos e físicos tais como Galileu e Newton. Não obstante, a lógica aristotélica foi um importante ingrediente usado no esquema de matematização do movimento (especialmente por Jacopo Zabarella) e o método hipotético-dedutivo daí derivado foi consagrado como o método científico padrão da Física, em conjunção a experimentos controlados.

Desde os seus primórdios, a nova ciência seguiu uma trajetória de progresso mais ou menos contínuo com o aparecimento de novos campos de fenômenos estudados e compreendidos, tais como o eletromagnetismo e a termodinâmica. No início do século XX, entretanto, a Física passou por crises severas que acabaram resultando numa revolução em que novas teorias muito diferentes foram postas na mesa – a Física Quântica e a Relatividade.

Não foi por acaso que no mesmo século houve um esforço entre os filósofos da ciência para acompanhar os acontecimentos e podemos destacar alguns nomes de alguns desses filósofos: Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend e Willard Quine. A proposta do presente artigo é estabelecer um referencial (até então ignorado) como uma poderosa chave explicativa e classificatória das obras desses filósofos, que estão entre os maiores filósofos da ciência do século XX. Este referencial é a Teoria dos Quatro Discursos, baseada diretamente na filosofia de Aristóteles.

A seguir, mostramos um resumo introdutório dessa teoria. Na Seção 2, abordamos o papel de Karl Popper no contexto da teoria aristotélica, para complementar logo em seguida com as contribuições de Quine (baseadas no estudo de Pierre Duhem) e Lakatos na Seção 3, para finalmente completar a descrição com as contribuições de Kuhn e Feyerabend, fechando o quadro explicativo e classificatório dos quatro discursos, de onde prosseguimos com nossas conclusões.

1.1. A NATUREZA DA CIÊNCIA

Antes de abordar o tema central do presente artigo, convém fazer uma breve exposição acerca da estrutura da ciência fazendo uso de uma analogia com a estrutura da natureza corpórea.

Como motivação, convém mencionar o excessivo calor das discussões públicas e nas redes sociais a respeito dos temas científicos variados, como, por exemplo, “heliocentrismo versus geocentrismo”. Se de um lado há o calor popular fora das universidades, dentro delas há uma frieza igualmente abrasiva. Trata-se daquela frieza para a qual o mero ato de discutir certos assuntos já constitui um

calor intolerável e despropositado. Esse antagonismo, ou seja, essa oposição em que de um lado há um calor excessivo, e de outro, uma frieza que não condiz com a natureza da prática científica, que deve basear-se na livre discussão de idéias contraditórias, nos remete a um quadro geral da Ciência na sociedade, na qual a chave quente-frio ganha uma certa utilidade pelo seu valor simbólico.

Tanto aquele calor da população comum quanto aquela frieza da classe acadêmica possuem uma origem comum que é a acomodação, cada um a seu modo, a um ambiente confortável como o salão de um palácio, com seu piso em mármore e colunas em granito. A classe acadêmica ostenta uma sensação de segurança por ter um conhecimento técnico a respeito das características e peculiaridades do palácio, como sua planta interna e a familiaridade com suas dependências, mobília e utensílios variados. Mas todos se acomodam no elemento seco e frio do palácio: seu elemento “terra”. Esquecem que para transformar a terra bruta em um edifício, foram necessários muita água, ar e fogo. O ar e a água se misturaram à terra na produção da laje e das paredes, e o fogo foi necessário para produzir as lajotas bem como os minerais. Ignorando todos esses aspectos relacionados aos elementos água, ar e fogo, seus felizes habitantes se sentem autossuficientes com o conhecimento de apenas, simbolicamente falando, 25% da natureza verdadeira do palácio.

1.2. TEORIA DOS QUATRO DISCURSOS

O palácio é o edifício da Ciência. Colossal e imponente, seu objetivo declarado é o de servir ao povo. Sob esse pretexto, demanda constantemente por mais recursos materiais e humanos: o staff é gigantesco e ultra especializado. Para ir mais longe nessa analogia, a Ciência se constitui de discursos, e todo discurso pode ser caracterizado pelo seu aspecto mais facilmente inteligível, que é sua finalidade quanto ao grau de certeza a ser obtida (veja a síntese desses conceitos aristotélicos em Carvalho, O. de, 1996). Os tipos de discursos ideais assim classificados são quatro: o discurso poético, limitado a um grau mínimo de certeza, visando ao meramente possível; o discurso retórico, que, restringindo-se para além do campo do meramente possível, visa a alguma verossimilhança; o discurso dialético, que, partindo do verossímil (ou da doxa), o depura a fim de obter alguma probabilidade (endoxa); e finalmente o discurso analítico, que visa a uma verdade necessária (100% certa). A estrutura desse esquema é a de uma cruz, ou seja, é quadrivalente: vertical no que concerne ao grau de certeza (certeza menor em oposição à certeza maior) e horizontal no que concerne à resolução e nitidez desse grau de certeza (certeza dispersa e variável em oposição à certeza clara e inequívoca, seja ela nula ou total). A Figura 1 ilustra esse esquema onde os discursos correspondentes estão situados.

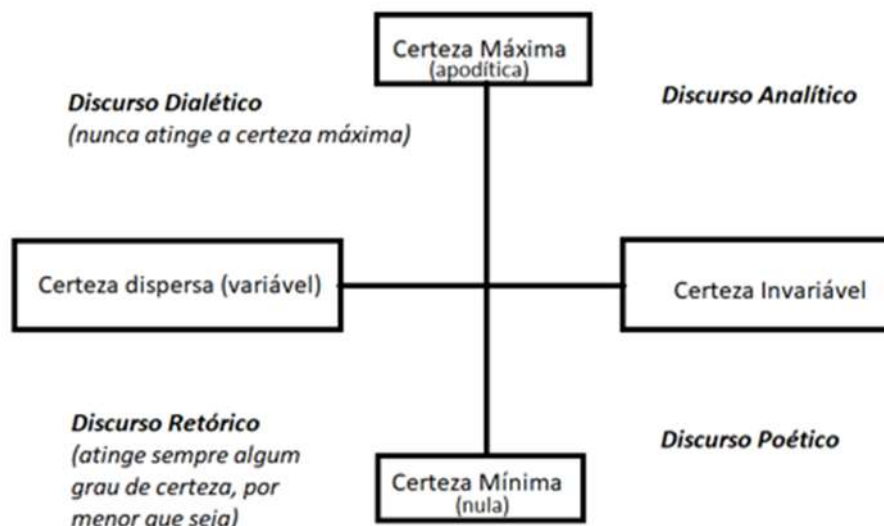


Fig. 1 - Chave quadrivalente de classificação dos discursos, livremente adaptada a partir da teoria de Olavo de Carvalho.

O mesmo tipo de esquema quadrivalente foi empregado por Aristóteles na sua formulação dos quatro elementos, que são na verdade quatro princípios dinâmicos aos quais os fenômenos do mundo corpóreo são submetidos: talvez o eixo vertical possa ser associado à maior ou menor influência que um corpo exerce sobre o seu meio externo (frio versus quente) e o eixo horizontal seria representado pela sensibilidade maior ou menor de um corpo às condições externas a ele (úmido versus seco). A analogia completa entre os quatro discursos e os quatro elementos pode ser evidenciada então olhando-se a ilustração da estrutura dos quatro elementos (Figura 2) e comparando-a com a ilustração da Figura 1. Quanto maior a certeza que temos a respeito do conteúdo de um discurso em particular, mais ele parecerá estável para nós. Você pode pisar na terra firme e até permanecer num barco sobre a água, pois esses elementos possuem uma característica de estabilidade contrária ao princípio expansivo, mas não pode fazer o mesmo com o fogo ou com o ar. Da mesma forma, você pode confiar nos discursos dialético e analítico, pois sabe que a probabilidade de engano é pequena. Quanto à analogia dos eixos horizontais, um discurso sensível às influências externas transmite uma segurança que, seja ela alta ou baixa, acaba por se tornar dispersa, ou seja, é difícil precisar o nível exato de certeza, ainda que seja possível saber se o nível de certeza é elevado (provável) ou não (verossímil).

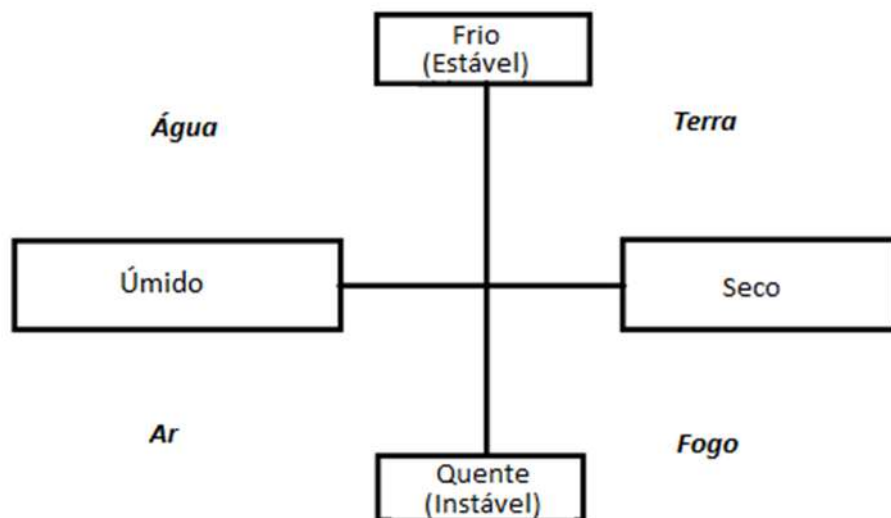


Fig. 2 - Esquema de classificação dos quatro elementos aristotélicos.

A analogia então se resume nas associações: terra – discurso analítico; água – discurso dialético; ar – discurso retórico; fogo – discurso poético. Se por um lado as pessoas em geral podem ser facilmente enganadas por argumentos pseudocientíficos por não conhecerem as particularidades técnicas do elemento terra (a ciência chega ao povo com essa roupagem, na forma de terra – como se fosse uma demonstração matemática de algo inquestionável), por outro lado, os cientistas em sua maioria esmagadora não ajudam; parecem acreditar que a ciência é só isso mesmo. Pelo menos enxergam as descobertas do passado como se fossem só terra. Esquecem que tudo em volta, apesar do aspecto de terra, já foi limpo e moldado pela água e pelo ar, e que muito antes disso, tudo já passou pelo fogo.

2. O MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

A Ciência Moderna teve sua origem essencialmente nos termos de uma Física, que é o estudo da Natureza. A concepção cartesiana do mundo, em que só a extensão e o movimento faziam parte de uma realidade objetiva, foi ganhando sofisticação e se consolidando mediante os trabalhos de Galileu e outros, sendo consagrada por Newton em seu esquema geral constituído por três leis gerais do movimento.

É possível notar o forte componente demonstrativo com o qual a Ciência Moderna (especialmente a Física) já nasce. Galileu, em sua obra rumo à matematização do movimento, tomou de estudiosos escolásticos renascentistas (dentre eles, Jacopo Zabarella) um conceito que complementaria a ideia de dedução dos resultados de uma teoria a partir dos seus princípios e postulados, a *progressão*

demonstrativa. Trata-se do conceito da *regressão demonstrativa*, em oposição à progressão demonstrativa.

A regressão demonstrativa parte dos resultados observados e percorre no sentido inverso à dedução normal, ou seja, procura alcançar os princípios. Quando a relação for causal, notadamente adequada aos processos naturais, a regressão demonstrativa perde o caráter apodítico e assim assume a identidade de um raciocínio indutivo. Conforme os próprios escolásticos renascentistas (que eram em geral do *Collegio Romano* ou da Universidade de Pádua) já sabiam, a regressão demonstrativa era na verdade uma indução, e seu caráter demonstrativo era apenas um ideal e de fato funcionava quando a relação entre os princípios e os resultados a serem observados não fosse uma relação meramente causal, mas de equivalência, do tipo:

Se, e somente se, p ; então q . Dado q , então, p .

Esse tipo de relação ocorre tipicamente na matemática, não sendo próprio das ciências físicas. Por esse motivo, o método essencial e consagrado que define o método científico recebe o nome de *Método Hipotético-Dedutivo*, que consiste em dois movimentos: a indução e a dedução. A indução vai da observação criteriosa e cuidadosa dos fatos (tendo em vista os padrões quantitativos de uma certa classe de fenômenos) aos seus princípios até então desconhecidos. A partir então desses princípios, raciocina-se dedutivamente até as consequências quantitativas que poderão ser testadas em laboratório. Este segundo movimento é apodítico, mas o primeiro obtém apenas uma certeza parcial e fundamentalmente probabilística. A indução é um raciocínio que pode ser representado pelo seguinte esquema:

Se p , então q . Dado q , então provavelmente p .

O filósofo austríaco Karl Popper [4] foi quem pela primeira vez percebeu a relevância desse elemento probabilístico no raciocínio acima, que simplesmente destrói a idéia de que as observações comprovam teorias. As observações podem no máximo *corroborar* teorias, quando não as contradizer. O discurso científico, longe de ser um discurso da certeza absoluta e apodítica, é o *discurso do provável*. A única certeza que se pode ter a respeito de uma teoria científica é quando as observações refutam suas predições teóricas, segundo o raciocínio abaixo:

Se p , então q . Dado não- q , então não- p .

A força desse raciocínio foi percebida por Popper, que pôde estabelecer o critério da falseabilidade como critério delimitador do discurso científico.

3. CIÊNCIA COMO DISCURSO DIALÉTICO

O Método Hipotético-Dedutivo pode então ser entendido como uma instância do discurso dialético. O elemento da necessidade lógica presente na dedução dos resultados a partir dos princípios atesta o caráter de discurso analítico e o elemento de probabilidade presente na indução dos princípios a partir dos resultados atesta o caráter de discurso dialético. Observe que o discurso científico não é um discurso analítico só por conter elementos de um discurso analítico, uma vez que a certeza alcançada será sempre probabilística devido ao movimento da indução. Karl Popper tomou a sério esse elemento de probabilidade e percebeu que a “verdade científica” é uma contradição de termos: se é verdade, não pode ser sujeita a falseamento. O conceito usual de “verdade provisória” (o que também não deixa de ser uma contradição de termos) tem sua origem na obra de Popper.

Por mais exato e apodítico que seja o raciocínio dedutivo, o grau de certeza a respeito dos princípios permanecerá o da certeza probabilística (o que é uma força de expressão, pois se não é absoluta não pode ser certeza). Por isso, novamente, o discurso científico é um discurso dialético em essência.

Exatamente pelo seu caráter dialético, outros estudiosos perceberam que a nem sempre uma teoria pode ser falseada – aliás, quase nunca. Se de um lado Popper aboliu o elemento de necessidade dos princípios restando apenas uma probabilidade, outros filósofos como Pierre Duhem, Imre Lakatos e Willard Quine aboliram o elemento de necessidade no mecanismo de falseação de teorias.

3.1. LAKATOS E TESE DE DUHEM-QUINE

Imre Lakatos [5] define o que ele chama de “programa de pesquisa” como um processo mais ou menos contínuo e linear em que há um núcleo de concepções e teorias que quase nunca são falseados por estarem rodeados de hipóteses auxiliares. O progresso científico é o aumento desse conjunto de núcleo rígido e hipóteses auxiliares. Quando há uma experiência que contradiz uma predição da teoria, apela-se às hipóteses auxiliares, modificando-as ou introduzindo novas hipóteses a fim de deixar o núcleo rígido intocável.

Esse é o cenário em larga escala que pode ser entendido segundo o mecanismo descrito por Pierre Duhem e aprimorado por Willard Quine, chamado de Tese de Duhem-Quine [6], que, no fim das contas, estabelece que na prática uma teoria dificilmente é refutada e isso só acontece quando as evidências observacionais são muito numerosas e contrárias às predições teóricas. Teríamos então o seguinte raciocínio em oposição ao raciocínio que comprova não- p :

Se $p_1, p_2, p_3, \dots p_n$, então q . Dado não- q , então provavelmente não- p_1 ou provavelmente não- $p_2 \dots$ ou provavelmente não- p_n .

O esquema de Lakatos se encaixa bem como uma resposta ao esquema de Thomas Kuhn (que veremos na próxima seção), mas podemos dizer que tanto Lakatos quanto Quine e Duhem tiveram papéis relevantes que só reforçam o caráter dialético da ciência.

4. A COMPONENTE POÉTICO-RETÓRICA DA CIÊNCIA

O livro intitulado *A Estrutura das Revoluções Científicas*, de Thomas Kuhn [7], pode ser entendido como uma resposta, em certo aspecto, ao critério de falseabilidade popperiano, ou ao caráter racional do progresso científico subentendido pela filosofia de Popper. De acordo com Kuhn, uma teoria científica depende fortemente de um conjunto de conceitos, de perguntas a serem respondidas e de uma visão de mundo que ele veio a chamar de *paradigma*. As revoluções científicas são processos de ruptura de paradigma, caracterizando um fenômeno não-linear e irracional que está na essência das teorias.

Quando uma ciência está em crise, devido a um número elevado de observações contraditórias, as hipóteses auxiliares já não conseguem preservar um núcleo rígido e assim a única solução para viabilizar a atividade científica é a mudança de paradigma (ou seja, do núcleo). Esse processo mesmo da mudança de paradigma é totalmente alheio à ciência, ou seja, não segue nenhuma lógica científica – os paradigmas são incomensuráveis. Não há uma construção de paradigma, mas sim uma percepção instantânea, conforme o conceito da Psicologia chamado de *Gestalt*.

Thomas Kuhn acaba por enfatizar o caráter de discurso poético que subsiste na Ciência, em que o paradigma é concebido na mente como um elemento meramente possível. Não é que Kuhn refuta Popper, que refuta Zabarella ou Galileu. Eles estão falando de coisas não exatamente iguais, ou seja, todos possuem uma parcela de razão por se deterem a aspectos distintos que estão todos presentes no discurso científico.

Até mesmo a obra do filósofo austríaco Paul Feyerabend [8], chamado de “o anarquista metodológico”, pode ser compreendida nessa chave dos quatro níveis de discurso de Aristóteles. O pensamento de Feyerabend sobre o método científico (ou, talvez, *contra o método*), deriva da consideração das circunstâncias estranhas à ciência presentes na sociedade que a envolve. Há relações de poder, há vínculos entre pesquisadores e agências financiadoras e há ambições individuais. Essas condições externas e onipresentes acabam por influenciar o teor do discurso científico, carregando-o de elementos de um discurso retórico.

Tanto é assim que o retórico norte-americano Alan Gross, ao reconhecer esse caráter eminentemente retórico da Ciência, publicou seu livro, *A Retórica da Ciência* [9], em que descreve esse importante aspecto do método científico com o objetivo de aprimorá-lo. Para o bem ou para o mal.

5. CONCLUSÃO

Por mais lógico e demonstrativo que possa parecer, o discurso científico é um discurso dialético. Como tal ele contém inevitavelmente traços de outros discursos hierarquicamente abaixo – retórico e poético. A mera presença desses conteúdos que estão em níveis diferentes torna a Ciência um objeto difícil de descrever em termos muito simples. Essa é a razão pela qual muitos filósofos do século XX formularam sínteses tão díspares e ao mesmo tempo relevantes.

A Teoria dos Quatro Discursos se mostrou uma referência poderosa por meio da qual podemos lançar um olhar mais rico e fértil à História da Filosofia da Ciência, especialmente do século XX.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Carvalho, O. de (1996). *Aristóteles em Nova Perspectiva*. Rio de Janeiro: Topbooks.
- [2] William A. Wallace (2023). *Natureza e Modelo: uma síntese de filosofia da ciência e filosofia da natureza*. Campinas, SP: VIDE Editorial. ISBN: 9788595071605.
- [3] Wallace, William A. (1959). *The Scientific Methodology of Theodoric of Freiberg, Fribourg (Suíça)*: The University Press, pp. 188-205.
- [4] Popper, K. (1992). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, Routledge, Londres.
- [5] Lakatos, I. (1978). *The Methodology of Scientific Research Programmes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [6] Massey, Gerald J. (2011). Quine and Duhem on holistic hypothesis testing. *American Philosophical Quarterly*. 48 (3): 239–266. Veja também o Cap. 5 da obra de DeWitt, R. (2010). *Wordviews: An Introduction to the History and Philosophy of Science*. Nova Jersey: Wiley-Blackwell.
- [7] Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- [8] Feyerabend, P. (1977). *Contra o Método: Esboço de uma Teoria Anarquista do Conhecimento*. Rio de Janeiro: Francisco Alves.
- [9] Gross, A. (1990). *The Rhetoric of Science*. Cambridge, EUA: Harvard University Press.



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](#)

TÓPICOS EM CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

VOLUME VIII



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE