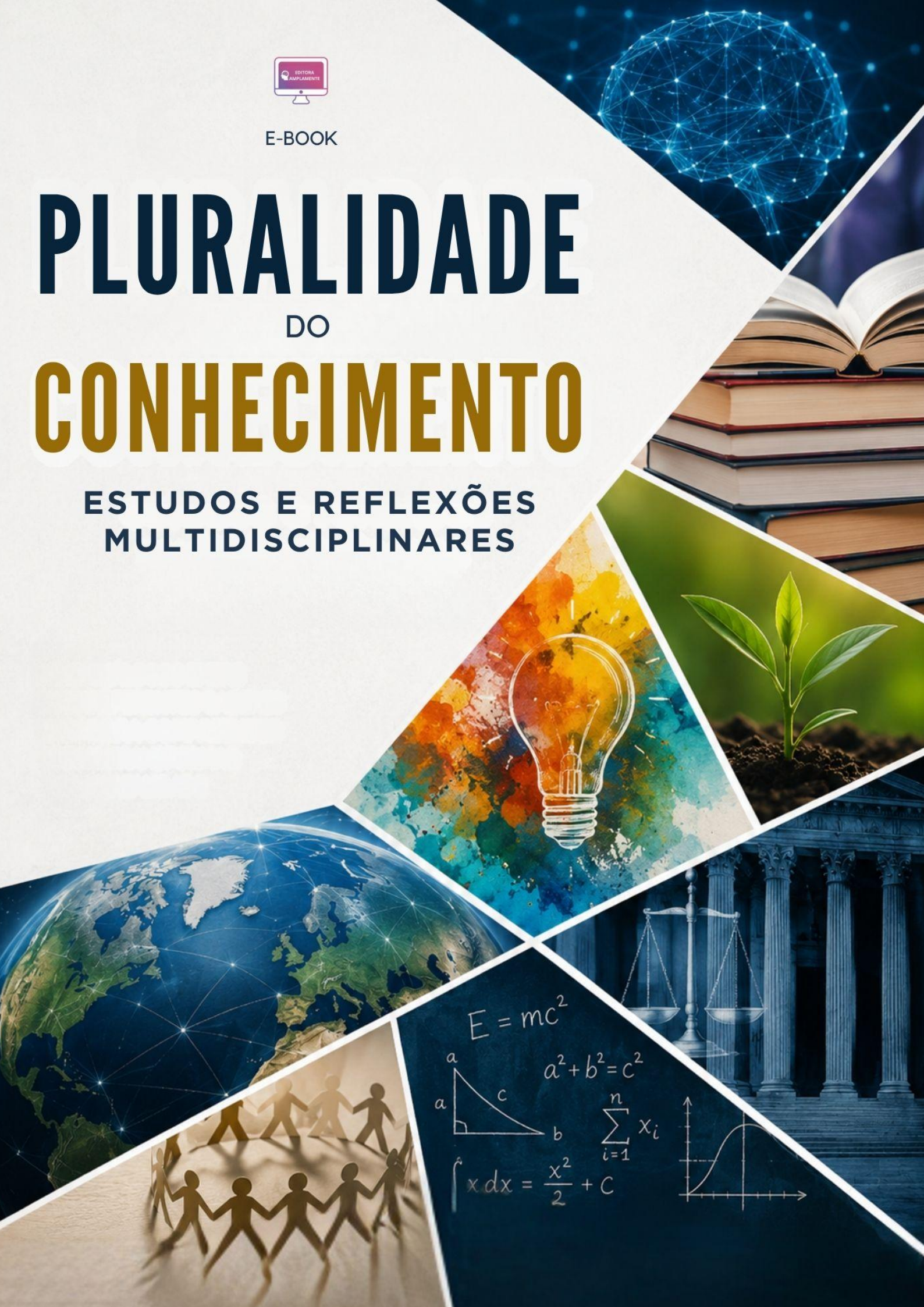




E-BOOK

PLURALIDADE DO CONHECIMENTO

ESTUDOS E REFLEXÕES
MULTIDISCIPLINARES



E-BOOK PLURALIDADE DO CONHECIMENTO:
ESTUDOS E REFLEXÕES MULTIDISCIPLINARES
1ª ED. ISBN: 978-65-5321-168-8 DOI: 10.47538/AC-2026.80

PLURALIDADE DO CONHECIMENTO

Estudos e reflexões multidisciplinares

1ª Edição



ORGANIZADORES

Dayana Lucia Rodrigues de Freitas

Luciano Luan Gomes Paiva

Caroline Rodrigues de Freitas Fernandes

DOI: 10.47538/AC-2026.80



Ano 2026

PLURALIDADE DO CONHECIMENTO

Estudos e reflexões multidisciplinares

1ª Edição

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

P788

Pluralidade do conhecimento [recurso eletrônico] : estudos e reflexões multidisciplinares / organização Dayana Lucia Rodrigues de Freitas, Luciano Luan Gomes Paiva, Caroline Rodrigues de Freitas Fernandes. - 1. ed. - Natal [RN] : Amplamente, 2026.
recurso digital

Formato: ebook
Modo de acesso: world wide web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5321-169-8 (recurso eletrônico)
DOI 10.47538/AC-2026.80

1. Educação. 2. Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação. 3. Livros eletrônicos. I. Freitas, Dayana Lucia Rodrigues de. II. Paiva, Luciano Luan Gomes. III. Fernandes, Caroline Rodrigues de Freitas.

26-107756.0

CDD: 370.1
CDU: 37:001.2



Gabriela Faray Ferreira Lopes - Bibliotecária - CRB-7/6643

Editora Amplamente
Empresarial Amplamente Ltda.
CNPJ: 35.719.570/0001-10
E-mail: publicacoes@editoraamplamente.com.br
www.editoraamplamente.com
Telefone: (84) 999707-2900
Caixa Postal: 3402 CEP: 59082-971
Natal- Rio Grande do Norte – Brasil
Copyright do Texto © 2026 Os autores
Copyright da Edição © 2026 Editora Amplamente
Declaração dos autores/ Declaração da Editora: disponível em:
<https://www.amplamentecursos.com/politicas-editoriais>
Editora-Chefe: Dayana Freitas
Assistentes Editoriais: Caroline Fernandes; Margarete Baptista
Projeto Gráfico, Edição de Arte e Diagramação: Luciano Paiva; Caroline Fernandes
Capa: Canva®/Freepik®
Parecer e Revisão por pares: Revisores
Consultoria Técnica e Revisão Crítica: Rita de Cássia Soares Duque
Creative Commons. Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional (CC-BY-NC-ND).

A responsabilidade pelo conteúdo desta publicação, incluindo exatidão das informações, dados, referências, opiniões e conclusões, é exclusiva do(s) autor(es), não respondendo à editora por eventuais equívocos, omissões ou consequências decorrentes do uso das informações aqui contidas.



Ano 2026

APRESENTAÇÃO

A produção do conhecimento é marcada pela diversidade de perspectivas, experiências, métodos e campos de investigação que contribuem para a compreensão da realidade em suas múltiplas dimensões. Em uma sociedade caracterizada por transformações sociais, culturais, científicas e tecnológicas cada vez mais intensas, pensar o conhecimento de forma plural torna-se fundamental para ampliar interpretações, estabelecer diálogos e construir respostas diante dos desafios contemporâneos. É nesse contexto que se insere a obra *Pluralidade do Conhecimento: Estudos e reflexões multidisciplinares*.

Esta coletânea reúne diferentes olhares sobre temas que atravessam áreas distintas do saber, evidenciando a riqueza e a complexidade da produção acadêmica. A diversidade temática presente na obra representa não apenas a multiplicidade dos campos científicos, mas também a possibilidade de estabelecer aproximações entre diferentes perspectivas, permitindo que conhecimentos específicos dialoguem na busca por uma compreensão mais ampla dos fenômenos estudados.

A multidisciplinaridade constitui, nesse sentido, uma importante estratégia para o desenvolvimento científico e acadêmico. Ao colocar em contato diferentes áreas, conceitos e experiências, favorece-se a construção de novas interpretações e o reconhecimento de que muitos dos problemas contemporâneos não podem ser compreendidos a partir de uma única perspectiva. Questões relacionadas à educação, sociedade, saúde, tecnologia, gestão, cultura, direitos e demais dimensões da vida humana apresentam interfaces que tornam necessário o diálogo permanente entre saberes.

Os estudos reunidos nesta primeira edição refletem, portanto, a diversidade de interesses e trajetórias dos pesquisadores e autores que participam da obra. Cada contribuição apresenta uma abordagem própria, sustentada por seus respectivos referenciais, metodologias e objetos de estudo, ao mesmo tempo em que integra um projeto coletivo fundamentado na valorização da pesquisa, da reflexão crítica e da disseminação do conhecimento.



Mais do que reunir diferentes trabalhos em uma mesma publicação, esta obra busca estimular o diálogo entre áreas e perspectivas, reconhecendo que a ciência se fortalece quando permanece aberta à diversidade de ideias e à construção colaborativa. A pluralidade aqui apresentada constitui uma oportunidade para leitores, estudantes, professores, pesquisadores e profissionais ampliarem seus conhecimentos e estabelecerem novas conexões entre diferentes campos de estudo.

Pluralidade do Conhecimento: Estudos e reflexões multidisciplinares chega, assim, como uma contribuição para o debate acadêmico contemporâneo, reafirmando a importância da pesquisa e da produção científica como instrumentos de compreensão e transformação da realidade. Que os estudos aqui reunidos possam suscitar novas perguntas, provocar reflexões e inspirar outras investigações, fortalecendo continuamente o diálogo entre os diferentes saberes que compõem a construção do conhecimento.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	7
AUTISMO COMO EXPERIÊNCIA EPISTÊMICA NA ESCOLA: UMA REVISÃO DE LITERATURA	
Alexon Silva Tavares.	
DOI-CAPÍTULO: 10.47538/AC-2026.80-01	
CAPÍTULO II.....	38
INVESTIGAÇÃO DA MEDIAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA JUSTIÇA RESTAURATIVA E DESENVOLVIMENTO SOCIOEMOCIONAL NO CONTEXTO ESCOLAR	
Maria Rosilaine Lage.	
DOI-CAPÍTULO: 10.47538/AC-2026.80-02	
CAPÍTULO III	46
A PROGRESSÃO ARITMÉTICA NA COMPOSIÇÃO MOLECULAR DOS HIDROCARBONETOS EM CADEIAS NÃO RAMIFICADAS	
Marinaldo Carvalho Lobato; José Francisco da Silva Costa; José Wilton Serrão Nascimento; Márcio José da Silva; Robson André Barata de Medeiros; Nilson Gonçalves de Almada; Edson Luis da Silva Soares; Cristiano Maciel Quaresma; Giovane Ribeiro Rodrigues; Antonio Maia de Jesus Chaves Neto.	
DOI-CAPÍTULO: 10.47538/AC-2026.80-03	
CAPÍTULO IV.....	76
A PAPIOSCOPIA APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO DAS IMPRESSÕES DIGITAIS COM USO DE MÉTODOS TEÓRICOS NA QUÍMICA FORENSE	
Poliane Nayra Silva Costa; Marinaldo Carvalho Lobato; Jully Kelly Moraes Rego; Robson André Barata de Medeiros; Nercy Pantoja Costa; Maylson de Sousa Serrão; Rayssa Miranda Ferreira; Claudete Pinheiro Fortes; Maria Alcione de Oliveira Castro; José Francisco da Silva Costa.	
DOI-CAPÍTULO: 10.47538/AC-2026.80-04	
INFORMAÇÕES SOBRE OS ORGANIZADORES	105
INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES.....	107
ÍNDICE REMISSIVO.....	109



CAPÍTULO I

AUTISMO COMO EXPERIÊNCIA EPISTÊMICA NA ESCOLA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Alexon Silva Tavares¹.
DOI-CAPÍTULO: 10.47538/AC-2026.80-01

RESUMO: A consolidação do direito à escolarização de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) em classes comuns representa uma conquista histórica das políticas de educação inclusiva, mas não elimina formas menos visíveis de exclusão que podem persistir no interior da própria escola. Partindo dessa tensão, este artigo apresenta uma revisão narrativa crítica da literatura nacional e internacional sobre a experiência escolar de estudantes autistas, com o objetivo de analisar como participação, comunicação, pertencimento, credibilidade e reconhecimento permitem compreender a escolarização também como experiência epistêmica. O corpus reúne estudos sobre inclusão escolar, experiências em primeira pessoa, ansiedade e não frequência escolar, relações interpessoais, práticas pedagógicas, formação docente e organização institucional. A análise é articulada às contribuições de Maria Teresa Eglér Mantoan, Enicéia Gonçalves Mendes, Sílvia Ester Orrú, Sígla Pimentel Höher Camargo e Cleonice Alves Bosa e, como chave teórico-interpretativa, à teoria da injustiça epistêmica de Miranda Fricker, particularmente às categorias de injustiça testemunhal e injustiça hermenêutica. A literatura evidencia que estudantes autistas podem experimentar, mesmo em ambientes formalmente inclusivos, barreiras relacionadas à sobrecarga sensorial, ao bullying, ao *masking*, à ansiedade, às baixas expectativas, às interpretações deficitárias do diagnóstico e à insuficiente consideração de suas perspectivas. Argumenta-se que esses processos podem possuir também uma dimensão epistêmica, na medida em que interferem nas condições mediante as quais o estudante é reconhecido como alguém capaz de conhecer, interpretar, comunicar e produzir sentidos sobre sua própria experiência escolar. A revisão identifica uma lacuna relevante: embora a literatura tenha avançado na análise da inclusão, da participação e das experiências em primeira pessoa, permanece menos desenvolvida a investigação sobre os mecanismos pelos quais a escola atribui, reduz ou nega credibilidade às formas de conhecer e comunicar dos estudantes autistas. Conclui-se que a inclusão educacional precisa incorporar uma dimensão de justiça epistêmica, deslocando o estudante da posição exclusiva de destinatário das práticas inclusivas para reconhecê-lo também como participante da produção do conhecimento sobre sua escolarização.

PALAVRAS-CHAVE: Autismo. Escolarização. Experiência epistêmica. Inclusão escolar. Injustiça epistêmica. Reconhecimento.

AUTISM AS AN EPISTEMIC EXPERIENCE IN SCHOOL: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: The consolidation of the right to schooling for students with Autism Spectrum Disorder (ASD) in mainstream classrooms represents a historic achievement of

¹ <http://lattes.cnpq.br/1300398465660186>. <https://orcid.org/0000-0002-6519-2731>. E-mail: professoralexon@gmail.com.

inclusive education policies; however, it does not eliminate less visible forms of exclusion that may persist within the school itself. Addressing this tension, this article presents a critical narrative review of national and international literature on the school experiences of autistic students. It aims to analyze how participation, communication, belonging, credibility, and recognition allow for an understanding of schooling as an epistemic experience as well. The corpus comprises studies on school inclusion, first-person experiences, anxiety and school non-attendance, interpersonal relationships, pedagogical practices, teacher training, and institutional organization. The analysis draws on contributions from Maria Teresa Eglér Mantoan, Enicéia Gonçalves Mendes, Sílvia Ester Orrú, Sígla Pimentel Höher Camargo, and Cleonice Alves Bosa, while employing Miranda Fricker's theory of epistemic injustice—specifically the categories of testimonial injustice and hermeneutical injustice—as a theoretical-interpretive framework. The literature reveals that, even in formally inclusive environments, autistic students may face barriers related to sensory overload, bullying, masking, anxiety, low expectations, deficit-based interpretations of their diagnosis, and a lack of regard for their perspectives. It is argued that these processes also possess an epistemic dimension, as they interfere with the conditions under which the student is recognized as someone capable of knowing, interpreting, communicating, and making sense of their own school experience. The review identifies a significant gap: while the literature has advanced in analyzing inclusion, participation, and first-person experiences, there is less research into the mechanisms by which schools attribute, diminish, or deny credibility to the ways autistic students know and communicate. The study concludes that educational inclusion must incorporate a dimension of epistemic injustice, shifting the student from the sole position of a recipient of inclusive practices to being recognized as a participant in the production of knowledge regarding their own schooling.

KEYWORDS: Autism. Schooling. Epistemic experience. School inclusion. Epistemic injustice. Recognition.

INTRODUÇÃO

A escolarização de estudantes com Transtorno do Espectro Autista tem ocupado posição crescente no debate educacional contemporâneo, especialmente em decorrência da ampliação das políticas de educação inclusiva e do reconhecimento jurídico do direito das pessoas com deficiência à escolarização em classes comuns.

No Brasil, esse processo encontra respaldo em um conjunto de dispositivos legais e políticos que contribuíram para deslocar a educação das pessoas com deficiência de modelos historicamente segregadores para a perspectiva da participação no sistema comum de ensino, entre os quais se destacam a Constituição Federal de 1988, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional — Lei nº 9.394/1996 —, a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, de 2008, a Lei nº 12.764/2012

e a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência — Lei nº 13.146/2015. No caso específico do autismo, a Lei nº 12.764/2012 assume particular importância ao instituir a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista e reconhecer a pessoa com TEA como pessoa com deficiência para todos os efeitos legais.

O avanço normativo, entretanto, não elimina automaticamente as tensões que atravessam a experiência concreta da escolarização. Entre o reconhecimento jurídico do direito e sua materialização cotidiana interpõe-se um conjunto de concepções, expectativas e práticas relacionadas à normalidade, à deficiência, à comunicação, ao comportamento, à inteligência e à aprendizagem.

Por essa razão, a ampliação do acesso à escola comum produz a necessidade de deslocar progressivamente a questão da inclusão do plano exclusivo da matrícula para o exame das condições de participação, aprendizagem, pertencimento e reconhecimento construídas no interior da própria instituição. Se historicamente foi necessário defender o direito de estudantes autistas entrarem na escola comum, torna-se igualmente necessário perguntar o que acontece com esses estudantes depois que esse acesso é assegurado.

Essa mudança de foco decorre de uma distinção fundamental: presença física, participação pedagógica, aprendizagem, pertencimento e reconhecimento não constituem fenômenos automaticamente equivalentes. Um estudante pode compartilhar a sala de aula com seus colegas, possuir matrícula regular e receber determinados apoios e, ainda assim, ocupar posição periférica nas relações pedagógicas, nas interações sociais, nas práticas avaliativas e nos processos pelos quais a instituição estabelece quais manifestações são consideradas evidências legítimas de conhecimento.

A literatura analisada neste artigo oferece elementos consistentes para sustentar essa problematização, especialmente quando evidencia experiências de incompreensão, bullying, *masking*², ansiedade, exclusão, dificuldades sensoriais, sobrecarga diante das transições e respostas institucionais pouco ajustadas às necessidades e às formas de participação dos estudantes autistas.

2 Termo usado para descrever quando uma pessoa autista esconde, controla ou modifica características e comportamentos associados ao autismo para tentar se adequar às expectativas sociais.

O deslocamento da inclusão formal para a experiência efetivamente vivida encontra importante sustentação na produção brasileira. Mantoan (2003) questiona perspectivas segundo as quais a inclusão corresponderia à adaptação daquele que diverge a uma estrutura escolar previamente considerada normal. A autora desloca a questão para a própria organização escolar, indicando que a diferença interpela a escola e exige transformação de suas práticas. Mendes (2010), ao recuperar historicamente a constituição da educação especial no Brasil, evidencia as contradições que acompanham a transição de modelos segregadores para perspectivas inclusivas, enquanto Mendes, Almeida e Toyoda (2011) demonstram a importância da colaboração entre educação especial e ensino comum, permitindo compreender a inclusão como responsabilidade institucional e coletiva, e não como tarefa isolada de determinado professor ou especialista.

No campo específico do autismo, Orrú (2008; 2013) acrescenta uma crítica particularmente importante ao problematizar abordagens normalizadoras e a supervalorização do diagnóstico. O diagnóstico possui relevância clínica, jurídica e educacional, mas não pode assumir a função de antecipar integralmente aquilo que o estudante é, sabe ou poderá aprender. Quando a categoria diagnóstica passa a substituir o encontro pedagógico com o sujeito, suas manifestações correm o risco de ser interpretadas previamente a partir de expectativas construídas sobre o autismo.

Camargo e Bosa (2009), por sua vez, contribuem para deslocar o olhar das incapacidades presumidas para as potencialidades interativas e para o papel exercido pelo contexto nas relações sociais. Em conjunto, essas perspectivas brasileiras permitem compreender que a inclusão não depende apenas da modificação do estudante, mas também da capacidade institucional de interrogar as normas a partir das quais diferença, aprendizagem e participação são interpretadas.

Paralelamente, a literatura internacional tem produzido um deslocamento metodológico igualmente relevante ao incorporar de maneira crescente as perspectivas dos próprios estudantes autistas. Dillon, Underwood e Freemantle (2016), Williams, Gleeson e Jones (2019), Horgan, Kenny e Flynn (2023), Gray, Hill e Pellicano (2023), Lynam et al. (2024), Atkinson, Wood-Downie e Wright (2024), Chapman, Southall e

Grieshaber (2025) e Fisher et al. (2026), embora adotem desenhos metodológicos distintos, convergem na demonstração de que determinadas dimensões da experiência escolar não podem ser plenamente conhecidas quando estudantes autistas aparecem exclusivamente como objetos da observação de professores, familiares e pesquisadores.

A crescente valorização de relatos em primeira pessoa introduz, portanto, uma questão que ultrapassa a participação metodológica: reconhecer que o estudante possui acesso privilegiado a determinados aspectos de sua própria experiência significa admiti-lo também como fonte de conhecimento sobre os processos escolares que favorecem ou dificultam sua participação.

É nesse horizonte que este artigo propõe analisar o autismo como experiência epistêmica na escola. A expressão não pretende formular uma nova definição do autismo, tampouco pressupor a existência de uma forma homogênea ou essencialmente autista de conhecer. Seu sentido é analítico: procura tornar visível a posição ocupada pelo estudante autista nas relações de produção, comunicação, interpretação e validação do conhecimento existentes no cotidiano escolar.

O estudante não é somente alguém sobre quem professores, especialistas e pesquisadores produzem conhecimentos; é também alguém que conhece aspectos de sua própria experiência, identifica situações de conforto ou sobrecarga, interpreta relações, reconhece estratégias que favorecem ou dificultam sua aprendizagem e produz sentidos acerca de sua diferença e de sua participação na escola.

Essa problemática aproxima o debate educacional da teoria da injustiça epistêmica desenvolvida por Miranda Fricker (2024). Ao investigar formas de injustiça que atingem os sujeitos especificamente em sua condição de conhecedores, Fricker oferece categorias particularmente férteis para analisar relações entre preconceito, credibilidade e inteligibilidade das experiências. A injustiça testemunhal ocorre quando preconceitos interferem negativamente na credibilidade atribuída à palavra de alguém, enquanto a injustiça hermenêutica diz respeito a desvantagens estruturais relacionadas aos recursos coletivos disponíveis para compreender e tornar inteligíveis determinadas experiências.

Embora essas categorias não tenham sido originalmente formuladas para analisar o autismo ou a educação inclusiva, sua aproximação com a literatura sobre escolarização

autista permite interrogar em que medida, estudantes podem ser prejudicados não apenas em seu acesso ou participação, mas também em sua condição de sujeitos capazes de conhecer e comunicar.

Diante disso, este artigo tem como objetivo analisar criticamente a produção nacional e internacional acerca da escolarização de estudantes autistas, identificando de que maneira voz, experiência, participação, credibilidade, pertencimento e reconhecimento permitem compreender a inclusão escolar também como questão de justiça epistêmica.

Sustenta-se, como hipótese interpretativa derivada da literatura analisada, que determinadas formas de exclusão escolar podem possuir dimensão especificamente epistêmica: estudantes podem estar fisicamente presentes e socialmente visíveis e, ainda assim, permanecer epistemicamente marginalizados quando suas maneiras de comunicar, significar, aprender e demonstrar conhecimentos recebem credibilidade reduzida ou não são reconhecidas pela instituição.

Nessa perspectiva, a questão que atravessa a revisão pode ser formulada nos seguintes termos: como as práticas escolares reconhecem, desautorizam ou tornam invisíveis aquilo que estudantes autistas percebem, comunicam e conhecem sobre si, sobre sua aprendizagem e sobre a própria escola?

TECENDO CAMINHOS ENTRE ESTUDOS E EXPERIÊNCIAS: O PERCURSO DA REVISÃO

O presente estudo caracteriza-se como revisão narrativa crítica de literatura, de abordagem qualitativa e orientação interpretativa. A escolha desse delineamento decorre do objetivo de articular uma produção heterogênea situada na interface entre educação inclusiva, educação especial, psicologia escolar, estudos do autismo e epistemologia social, buscando identificar convergências, tensões e lacunas que permitam compreender a escolarização de estudantes autistas para além da dimensão formal do acesso.

Diferentemente de uma revisão sistemática orientada para exaustividade, metanálise ou mensuração da frequência de determinados resultados, a revisão narrativa

crítica possibilita colocar em diálogo pesquisas construídas por diferentes desenhos metodológicos e interrogá-las a partir de um problema teórico comum.

A constituição do corpus ocorreu mediante dois movimentos complementares. O primeiro reuniu estudos diretamente relacionados à escolarização de estudantes autistas, privilegiando produções que abordassem experiências em primeira pessoa, inclusão escolar, participação, pertencimento, relações interpessoais, ambiente sensorial, ansiedade, não frequência, ensino e aprendizagem, práticas pedagógicas e organização institucional.

O segundo movimento consistiu na incorporação de referências teóricas capazes de fornecer categorias interpretativas para os achados encontrados. Nesse segundo conjunto situam-se, no campo brasileiro da educação inclusiva e da escolarização de pessoas autistas, Mantoan, Mendes, Orrú, Camargo e Bosa e, no campo da epistemologia social, Miranda Fricker. A separação entre esses dois conjuntos é metodologicamente importante, pois impede que estudos empíricos, revisões de literatura e autores de fundamentação teórica sejam tratados como se cumprissem a mesma função analítica.

O levantamento bibliográfico considerou produções disponíveis em periódicos acadêmicos, bases de indexação científica e repositórios institucionais, com especial atenção às áreas da Educação, Psicologia, Educação Especial e estudos do autismo.

Foram utilizados descritores em português e inglês relacionados a seis dimensões: autismo; escolarização e inclusão; experiência escolar; participação, pertencimento e comunicação; dimensão epistêmica; e formação docente. Entre as combinações orientadoras destacaram-se: “autismo AND inclusão escolar”, “autismo AND escolarização”, “estudantes autistas AND experiência escolar”, “autismo AND participação”, “autismo AND voz”, “autismo AND formação docente”, “autism AND school experience”, “autistic students AND mainstream school”, “autism AND belonging”, “autism AND school exclusion”, “autism AND epistemic injustice” e “epistemic injustice AND education”.

Quadro 1: Descritores orientadores do levantamento bibliográfico

Dimensão	Descritores em português	Descritores em inglês
Autismo	autismo; TEA; estudantes autistas	autism; autistic students; autistic pupils
Escolarização	escolarização; inclusão escolar; educação inclusiva	schooling; school inclusion; inclusive education
Experiência	experiência escolar; vivência escolar	school experience; lived experience
Participação	participação; pertencimento; exclusão; voz; comunicação	participation; belonging; exclusion; voice; communication
Dimensão epistêmica	injustiça epistêmica; credibilidade; reconhecimento	epistemic injustice; credibility; recognition
Docência	formação docente; práticas pedagógicas	teacher education; teaching practices

Fonte: Elaboração própria.

No núcleo contemporâneo da revisão, foram privilegiadas produções publicadas entre 2016 e 2026, especialmente pesquisas que incorporassem perspectivas em primeira pessoa e sínteses recentes da experiência escolar autista. Trabalhos anteriores ao período foram mantidos quando apresentavam relevância fundacional para o campo brasileiro ou para as categorias teóricas mobilizadas, como Mantoan (2003), Orrú (2008; 2013), Camargo e Bosa (2009), Mendes (2010) e Mendes, Almeida e Toyoda (2011). Esse procedimento permitiu combinar atualização da produção empírica com preservação das matrizes conceituais necessárias à compreensão do desenvolvimento da educação inclusiva.

Foram incluídas produções que investigassem diretamente experiências escolares de estudantes autistas; analisassem inclusão ou escolarização de pessoas com TEA; examinassem participação, pertencimento, relações sociais, ambiente sensorial, ansiedade ou exclusão; discutissem práticas e culturas escolares inclusivas; abordassem formação docente; ou fornecessem categorias teóricas relevantes para analisar o estudante enquanto sujeito de conhecimento. Foram excluídos estudos exclusivamente clínicos, neurológicos ou biomédicos sem articulação com a escolarização, trabalhos centrados apenas no diagnóstico, publicações sem relação direta com educação e produções cuja contribuição não permitisse estabelecer relação substantiva com os eixos da análise.

Após a constituição do corpus, os estudos foram submetidos a leitura comparativa, considerando autoria, ano, contexto, desenho metodológico, foco investigativo,

participantes ou fontes analisadas e resultados relevantes para o problema desta revisão. A análise foi orientada por três questões: **a)** o que a literatura revela sobre a experiência escolar de estudantes autistas?; **b)** que posição esses estudantes ocupam na produção do conhecimento sobre essa experiência?; e **c)** o que se torna visível quando esses resultados são interpretados a partir das categorias de credibilidade, reconhecimento e injustiça epistêmica? Da leitura transversal emergiram quatro grandes eixos: inclusão e normalização; experiência escolar e perspectivas em primeira pessoa; credibilidade e reconhecimento epistêmico; e formação docente e transformação institucional.

A caracterização do corpus revela uma transformação importante na produção sobre autismo e escolarização. Ao lado de estudos historicamente orientados para inclusão, competência social, estratégias de intervenção e organização escolar, observa-se crescimento de pesquisas interessadas em compreender a escola a partir das experiências daqueles que efetivamente a vivenciam.

Essa mudança é particularmente significativa porque altera não apenas os objetos investigados, mas a própria posição ocupada pelo estudante na produção científica: progressivamente, pessoas autistas deixam de aparecer exclusivamente como indivíduos observados e passam a ser consideradas interlocutoras na construção do conhecimento acerca de sua escolarização.

Quadro 2: Caracterização dos principais estudos integrantes do corpus

Autor(es)/ano	Contexto	Natureza/foco	Temas centrais	Contribuição para a revisão
Camargo; Bosa (2009)	Brasil	Revisão crítica	Competência social; inclusão	Potencialidades interativas e papel do contexto
Dillon; Underwood; Freemantle (2016)	Reino Unido	Estudo empírico	Experiência escolar; perspectivas dos estudantes	Importância da experiência em primeira pessoa
Williams; Gleeson; Jones (2019)	Reino Unido/internacional	Metassíntese qualitativa	Identidade; diferença; escola	Relação entre experiência escolar e percepção de si
Petersson-Bloom; Holmqvist (2022)	Internacional	Revisão sistemática de estudos qualitativos	Estratégias inclusivas	Apoios e condições para inclusão

Autor(es)/ano	Contexto	Natureza/foco	Temas centrais	Contribuição para a revisão
Roberts; Webster (2022)	Internacional	Abordagem institucional	Cultura escolar; inclusão	Necessidade de abordagem de escola inteira
Horgan; Kenny; Flynn (2023)	Internacional	Revisão sistemática	Ensino secundário; experiência escolar	Experiências de jovens autistas em escolas comuns
Gray; Hill; Pellicano (2023)	Reino Unido	Estudo multi-informante	Não frequência; exclusão; sofrimento	Relação entre afastamento e condições escolares
Nascimento; Araújo; Parreão (2024)	Brasil	Revisão integrativa	Psicologia; inclusão; normalização	Tensão entre ajustamento e singularidade
Lynam et al. (2024)	Irlanda	Revisão de escopo e consulta	Experiência escolar; participação	Centralidade da perspectiva de estudantes autistas
Atkinson; Wood-Downie; Wright (2024)	Internacional	Síntese temática de experiências em primeira pessoa	Experiência escolar; relações; ambiente	Necessidade de maior compreensão do autismo
Chapman; Southall; Grieshaber (2025)	Austrália	Revisão de escopo	Aprendizagem; sensorialidade; relações; pertencimento	Relação entre experiência, ensino e inclusão
Souza; Dias (2025)	Brasil	Revisão	Estratégias; concepções docentes	Persistência de percepções e desafios pedagógicos
Fisher et al. (2026)	Internacional	Revisão sistemática	Ansiedade escolar	Relação entre sofrimento e fatores escolares

Fonte: Elaboração própria a partir do corpus selecionado.

A leitura comparativa desses estudos mostra que a produção internacional recente apresenta forte presença de revisões sistemáticas, revisões de escopo e sínteses qualitativas, indicando acúmulo de pesquisas empíricas suficiente para que o campo passe a interrogar transversalmente aquilo que estudantes autistas vêm comunicando sobre a escola. Embora os resultados não sejam homogêneos, algumas categorias aparecem reiteradamente: incompreensão, relações com colegas e professores, sobrecarga sensorial, bullying, *masking*, ansiedade, identidade, pertencimento e participação.

Na produção brasileira, por outro lado, ganha destaque a tensão entre ampliação dos direitos e dificuldades de concretização da inclusão, com recorrência de questões relacionadas à formação docente, práticas pedagógicas, normalização, articulação entre serviços e condições institucionais.

A heterogeneidade encontrada não constitui fragilidade do corpus; ao contrário, permite observar diferentes níveis de um mesmo problema. Enquanto determinadas pesquisas investigam aquilo que estudantes relatam sobre suas experiências, outras analisam as condições institucionais nas quais essas experiências são produzidas, e outras ainda interrogam as concepções profissionais que orientam as práticas.

A aproximação entre esses níveis permite compreender que dificuldades escolares não podem ser automaticamente atribuídas às características individuais do estudante, uma vez que são produzidas no encontro entre singularidades, relações pedagógicas, culturas institucionais e formas socialmente legitimadas de comunicação e aprendizagem.

Para interpretar essa produção, foram mobilizados autores cuja função é predominantemente teórico-analítica.

Quadro 3: Referenciais de sustentação teórico-interpretativa

Autor(es)	Contribuição mobilizada	Função analítica
Mantoan	Inclusão e transformação da escola	Problematizar inclusão para além da inserção física
Mendes	Educação especial e colaboração	Evidenciar a dimensão institucional da inclusão
Orrú	Diagnóstico, normalização e singularidade	Questionar a antecipação da incapacidade
Camargo; Bosa	Competência social e contexto	Deslocar interpretações exclusivamente deficitárias
Fricker	Injustiça testemunhal e hermenêutica	Analisar credibilidade e inteligibilidade das experiências

Fonte: Elaboração própria.

A partir dessa caracterização, o desenvolvimento da revisão não será organizado pela apresentação sucessiva de autores, mas por problemas analíticos diante dos quais suas contribuições serão colocadas em diálogo. Essa opção busca evitar uma revisão meramente descritiva e produzir uma síntese capaz de revelar convergências, tensões e lacunas existentes no campo.

PARA ALÉM DA PRESENÇA: EXPERIÊNCIA, PERTENCIMENTO E RECONHECIMENTO NA ESCOLA

A literatura brasileira permite compreender que a presença de estudantes com deficiência nas classes comuns não pode ser tomada como ponto de chegada da inclusão. Mantoan (2003) questiona precisamente a racionalidade segundo a qual o estudante considerado diferente deveria alcançar determinadas condições de adaptação para então participar plenamente da escola comum.

Sua contribuição desloca o problema do indivíduo para a estrutura educacional: quando a diversidade interpela os modos convencionais de ensinar, avaliar e organizar a participação, não é apenas o estudante que deve modificar-se; a própria escola precisa examinar as normas a partir das quais define aquilo que considera adequado.

Mendes (2010) acrescenta uma dimensão histórica a esse argumento ao mostrar que a educação especial brasileira foi constituída em meio a diferentes concepções e modelos, o que permite compreender por que racionalidades segregadoras podem permanecer presentes mesmo em contextos que institucionalmente adotam o discurso da inclusão.

Essa permanência torna-se particularmente visível quando o estudante frequenta a classe comum, mas sua escolarização permanece simbolicamente transferida para a educação especial ou para profissionais de apoio.

A contribuição de Mendes, Almeida e Toyoda (2011) sobre colaboração entre educação especial e ensino regular mostra que a inclusão exige compartilhamento de responsabilidades e construção institucional de práticas. Caso contrário, pode-se produzir uma inclusão espacial acompanhada de separação pedagógica: o estudante encontra-se formalmente inserido na turma, mas participa de um currículo permanentemente paralelo; compartilha o espaço físico com os colegas, mas grande parte de suas interações é intermediada pelo profissional de apoio; pertence administrativamente à classe, mas não é plenamente incorporado ao universo de expectativas intelectuais e pedagógicas dirigido aos demais estudantes.

Tais situações demonstram que presença, participação e pertencimento precisam ser conceitualmente diferenciados. No caso do autismo, essa discussão adquire outra complexidade em razão do lugar ocupado pelo diagnóstico. Orrú (2008; 2013) questiona abordagens nas quais a categoria diagnóstica assume força explicativa suficiente para antecipar comportamentos, necessidades e possibilidades de aprendizagem. O problema não reside no diagnóstico em si, que pode ser indispensável à garantia de direitos e à compreensão de determinadas necessidades, mas no uso pedagógico que dele se faz.

Quando conhecer características gerais do TEA passa a ser confundido com conhecer concretamente determinado estudante, a categoria pode eclipsar o sujeito. A escola passa a interpretar manifestações antes mesmo de investigá-las: silêncios, movimentos, recusas, interesses intensos ou formas diferenciadas de interação podem ser rapidamente incorporados a um repertório deficitário que encerra a pergunta acerca de seus possíveis significados.

A crítica de Orrú aproxima-se, nesse aspecto, do deslocamento produzido por Camargo e Bosa (2009). Ao discutirem competência social, inclusão escolar e autismo, as autoras evidenciam a necessidade de considerar potencialidades interativas e a influência do contexto, enfraquecendo interpretações nas quais dificuldades sociais seriam propriedades isoladas e estáveis do indivíduo.

A interação é relacional e, por isso, aquilo que um estudante consegue realizar depende também das características do ambiente, das mediações existentes, das expectativas dos interlocutores e das condições em que a situação ocorre.

Um estudante pode apresentar pouca participação em uma atividade coletiva marcada por excesso de estímulos e demonstrar intensa participação em outro contexto; pode não responder oralmente e produzir respostas por outras modalidades; pode necessitar de maior previsibilidade para realizar tarefas complexas. Esses exemplos não negam dificuldades relacionadas ao autismo, mas impedem que elas sejam interpretadas independentemente das condições nas quais se manifestam.

Quando Mantoan, Mendes, Orrú, Camargo e Bosa são colocadas em diálogo, torna-se possível identificar uma convergência fundamental: a inclusão exige deslocar a análise da suposta inadequação individual para a relação entre sujeito e instituição.

Mantoan interroga a estrutura escolar; Mendes evidencia a responsabilidade institucional e colaborativa; Orrú questiona o poder normalizador do diagnóstico; Camargo e Bosa demonstram a participação do contexto na emergência das possibilidades interativas.

Embora partam de objetos e referenciais diferentes, essas contribuições convergem na recusa de uma leitura segundo a qual aquilo que acontece na escolarização possa ser explicado exclusivamente pelas características do estudante. Essa convergência abre caminho para uma questão que a literatura internacional recente aprofundará: se a experiência escolar é produzida relacionalmente, então compreender a inclusão exige conhecer também a perspectiva daquele que a experiencia.

Um dos movimentos mais significativos da literatura recente consiste na crescente incorporação das perspectivas dos próprios estudantes autistas. Essa mudança possui consequências metodológicas e epistemológicas importantes, pois reconhece que determinadas dimensões da experiência escolar não são acessíveis da mesma maneira a observadores externos.

Dillon, Underwood e Freemantle (2016) e Horgan, Kenny e Flynn (2023), entre outros, mostram a relevância de considerar diretamente aquilo que jovens autistas relatam sobre a escola, sobretudo porque podem existir diferenças entre a interpretação construída por professores e familiares e a maneira pela qual os próprios estudantes significam suas experiências. O argumento não pressupõe que a perspectiva do estudante seja infalível ou que substitua as demais; significa reconhecer que nenhuma descrição externa pode ocupar integralmente o lugar daquele que vive a experiência.

Lynam et al. (2024) reforçam essa mudança ao evidenciarem recorrências como sensação de incompreensão, bullying, *masking*, exclusão, ansiedade, necessidades sensoriais e dificuldades relacionadas às transições escolares. Atkinson, Wood-Downie e Wright (2024) encontram igualmente experiências positivas e negativas, mas destacam a demanda dos próprios estudantes por maior compreensão do autismo pela comunidade escolar e por apoios ajustados às suas necessidades.

Chapman, Southall e Grieshaber (2025), ao examinarem aquilo que estudantes autistas relatam sobre ensino e aprendizagem no contexto secundário, identificam dimensões interdependentes relacionadas ao ambiente e à sensorialidade, à comunicação

e às relações, à inclusão e exclusão, à identidade e ao bem-estar. A convergência entre esses estudos demonstra que a experiência escolar não pode ser reduzida ao desempenho acadêmico ou à frequência, pois envolve simultaneamente corpo, relações, identidade, ambiente e reconhecimento.

A dimensão sensorial constitui um exemplo particularmente fecundo dessa problemática. Ambientes escolares são compostos por múltiplos estímulos: ruídos simultâneos, deslocamentos, campainhas, iluminação artificial, contato físico imprevisível, corredores congestionados e mudanças constantes de atividade. Fisher et al. (2026) relacionam a ansiedade escolar de crianças autistas a fatores sociais, acadêmicos, cognitivos e ambientais, indicando que o sofrimento não pode ser compreendido exclusivamente como característica interna do estudante.

Quando essa evidência é colocada em diálogo com Lynam et al. (2024) e Chapman, Southall e Grieshaber (2025), torna-se possível compreender que a experiência sensorial constitui parte da relação pedagógica: um ambiente que para determinado adulto parece tolerável pode produzir sobrecarga significativa para um estudante, interferindo diretamente em atenção, comunicação, participação e aprendizagem.

A importância epistemológica desse resultado está no fato de que a descrição do estudante sobre aquilo que experiência fornece um tipo de conhecimento que não pode ser produzido da mesma forma pelo observador externo. Se um estudante afirma que determinado ruído lhe é insuportável e o adulto, a partir de sua própria percepção, conclui que “não está tão barulhento”, encontram-se em confronto não apenas duas opiniões, mas posições experienciais diferentes.

A percepção do adulto não possui, por si mesma, condições de invalidar a experiência sensorial daquele que a vive. Reconhecer isso não significa abdicar da interpretação profissional, mas admitir que a própria experiência do estudante constitui evidência relevante para compreender as condições em que sua escolarização ocorre.

O *masking* torna ainda mais evidente a insuficiência de interpretações baseadas exclusivamente na observação externa. Um estudante pode apresentar comportamento aparentemente ajustado, cumprir atividades e evitar manifestações que seriam

socialmente percebidas como dificuldades enquanto mobiliza esforço intenso para corresponder às expectativas de interação e comportamento.

A aparente adaptação pode, portanto, coexistir com sofrimento pouco visível. Essa discrepância revela um limite de práticas educacionais que tomam comportamento observável como medida suficiente de inclusão: a escola pode interpretar silêncio, conformidade ou ausência de conflitos como indicadores de bem-estar sem acessar o custo subjetivo produzido pela necessidade contínua de adaptação.

Williams, Gleeson e Jones (2019) ampliam essa discussão ao demonstrarem que a experiência em escolas comuns participa da maneira como estudantes autistas constroem significados sobre si mesmos. A percepção negativa da diferença pode emergir da articulação entre características individuais, relações interpessoais e condições de acessibilidade, indicando que a escola não apenas transmite conteúdos, mas participa da produção de identidades. Por meio de expectativas, avaliações, interações e classificações, a instituição comunica implicitamente quais formas de comportamento são valorizadas, quais diferenças são consideradas legítimas e quais sujeitos são reconhecidos como capazes.

Um estudante submetido reiteradamente a baixas expectativas pode aprender não apenas que determinada atividade é difícil, mas que os adultos esperam pouco de sua capacidade; aquele cuja experiência sensorial é sistematicamente questionada pode começar a desconfiar de suas próprias percepções; aquele cuja comunicação raramente produz consequências pode aprender que falar não significa necessariamente ser reconhecido.

Gray, Hill e Pellicano (2023) acrescentam uma dimensão especialmente contundente ao investigarem experiências de não frequência e exclusão escolar. Os relatos analisados relacionam o afastamento a ambientes complexos e ruidosos, compreensão insuficiente dos professores, relações negativas com pares, respostas inadequadas a determinados comportamentos e dificuldades na relação entre família e escola.

Esses achados deslocam a interpretação da ausência escolar: em vez de perguntar exclusivamente o que existe no estudante que o impede de frequentar a escola, torna-se necessário investigar o que existe na experiência escolar que tornou a permanência difícil

ou insustentável. A ausência pode, assim, ser lida não apenas como comportamento individual, mas como informação sobre a relação construída entre sujeito e instituição.

Tomados em conjunto, Dillon, Williams, Horgan, Gray, Lynam, Atkinson, Chapman e Fisher produzem um deslocamento decisivo: o estudante deixa de ser apenas objeto da inclusão e passa a ocupar posição de informante privilegiado acerca das condições em que ela se concretiza. É exatamente nessa passagem que a experiência escolar começa a adquirir dimensão epistemológica.

Se o estudante possui conhecimentos relevantes sobre aquilo que favorece ou impede sua participação, então a questão educacional deixa de ser apenas se sua voz é formalmente solicitada e passa a incluir a credibilidade efetivamente atribuída ao que ele comunica.

A produção brasileira contemporânea confirma que a ampliação dos direitos não eliminou dificuldades relacionadas à implementação da educação inclusiva. Nascimento, Araújo e Parreão (2024) e Souza e Dias (2025), embora partindo de recortes diferentes, evidenciam desafios relacionados à formação profissional, às concepções sobre autismo, às práticas de inclusão e à distância entre conhecimento produzido e experiência cotidiana das instituições. O dado relevante para esta revisão não é simplesmente que ainda existem dificuldades, mas que essas dificuldades revelam diferentes maneiras de compreender quem é o estudante e qual posição lhe é atribuída na relação pedagógica.

Nascimento, Araújo e Parreão (2024) identificam, na produção brasileira analisada, perspectivas que podem ser organizadas em torno da adaptação e ajustamento mediante treinamento, do desenvolvimento mediado pelas relações e da emergência da singularidade mediante a desconstrução de práticas normalizadoras e patologizantes. Essas perspectivas não representam apenas técnicas diferentes; carregam concepções distintas de inclusão.

Quando a adaptação é assumida como finalidade predominante, a norma escolar tende a permanecer relativamente intacta e a intervenção concentra-se em aproximar o estudante das expectativas institucionais. Quando a singularidade se torna elemento constitutivo da análise, a própria norma passa a ser interrogada e a instituição precisa

perguntar se suas expectativas são pedagogicamente indispensáveis ou apenas historicamente naturalizadas.

Essa tensão estabelece diálogo direto com Orrú, pois a supervalorização do diagnóstico pode fortalecer práticas nas quais o estudante é interpretado a partir de conhecimentos produzidos previamente sobre a categoria.

O problema torna-se particularmente relevante quando relatórios, avaliações e conhecimentos especializados passam a possuir autoridade tão elevada que aquilo que o próprio estudante comunica perde peso interpretativo. Nesse caso, a instituição pode possuir extensa quantidade de informação e, paradoxalmente, conhecer pouco a experiência concreta daquele sujeito. O conhecimento técnico deixa de funcionar como instrumento para ampliar a compreensão e passa a ocupar o lugar da própria compreensão.

Souza e Dias (2025) contribuem para essa problematização ao evidenciarem, na literatura analisada, tanto a presença de estratégias de ensino quanto percepções negativas de professores acerca dos estudantes autistas. Essa constatação precisa ser examinada para além do plano atitudinal, porque percepções docentes produzem consequências pedagógicas. Expectativas acerca da capacidade intelectual orientam a complexidade das tarefas propostas, o tipo de pergunta formulada, o tempo concedido para resposta, as oportunidades de participação e a interpretação dos desempenhos.

Quando se pressupõe antecipadamente que determinado estudante possui capacidade reduzida, podem ser oferecidas experiências sistematicamente menos desafiadoras; diante de poucas oportunidades para demonstrar pensamento complexo, a ausência de evidências passa posteriormente a ser interpretada como confirmação da incapacidade inicialmente presumida.

Produz-se, assim, uma circularidade particularmente problemática: a expectativa de incapacidade reduz oportunidades de manifestação da capacidade, e a capacidade que não teve condições adequadas para manifestar-se é posteriormente considerada inexistente. Essa dinâmica demonstra porque baixas expectativas podem possuir dimensão epistemológica. Elas não constituem somente opiniões negativas; interferem nos processos pelos quais a escola produz evidências acerca daquilo que o estudante sabe ou consegue aprender.

A aproximação entre a produção brasileira e os estudos internacionais permite, portanto, identificar um problema comum. De um lado, pesquisas em primeira pessoa mostram estudantes relatando incompreensão, sofrimento, necessidades sensoriais e dificuldades de pertencimento; de outro, estudos brasileiros evidenciam práticas e concepções que ainda oscilam entre ajustamento, normalização e reconhecimento da singularidade.

O ponto de encontro entre essas duas linhas de produção está precisamente na questão da autoridade interpretativa: quando a experiência do estudante diverge da interpretação institucional, qual conhecimento recebe maior credibilidade? Essa pergunta conduz diretamente ao conceito de injustiça epistêmica.

ENTRE A VOZ E A ESCUTA: OS LIMIARES DA CREDIBILIDADE NA EXPERIÊNCIA AUTISTA

A teoria de Miranda Fricker (2024) permite aprofundar um problema que emerge da própria literatura analisada. A escola constitui uma instituição intensamente epistêmica: seleciona conhecimentos, organiza currículos, distribui posições de autoridade, determina formas legítimas de demonstrar aprendizagem, realiza avaliações, valida respostas e produz classificações sobre aquilo que os estudantes sabem ou não sabem. A escolarização envolve, portanto, não apenas aquisição de conhecimento, mas participação em relações sociais nas quais diferentes sujeitos recebem distintos graus de autoridade para interpretar, explicar e definir o que está acontecendo.

A injustiça testemunhal, na formulação de Fricker (2024), permite examinar situações em que preconceitos interferem negativamente na credibilidade atribuída à palavra de determinado sujeito. Aplicada cuidadosamente à escolarização autista, essa categoria não autoriza afirmar que toda discordância entre professor e estudante constitui injustiça epistêmica. A questão é mais específica: trata-se de investigar se estereótipos relacionados ao autismo produzem déficit antecipado ou sistemático de credibilidade.

Quando um estudante relata compreender determinado conteúdo, mas não consegue demonstrá-lo pela modalidade convencional de resposta, sua afirmação será

investigada ou imediatamente desconsiderada? Quando comunica sofrimento diante do ambiente sensorial, a instituição reconsidera as condições oferecidas ou interpreta o relato como exagero? Quando procura explicar os motivos de determinada reação, sua interpretação é incorporada ao conhecimento pedagógico produzido sobre a situação ou automaticamente subordinada à leitura dos adultos?

Essas situações evidenciam que possuir voz não é necessariamente possuir credibilidade. Uma escola pode oferecer espaços de fala e, ainda assim, atribuir pouco valor epistêmico ao que é comunicado. Pode perguntar ao estudante o que aconteceu e conservar integralmente a interpretação previamente construída. Pode permitir comunicação sem admitir que a informação comunicada modifique decisões. O reconhecimento epistêmico exige, portanto, mais do que escuta formal: requer disponibilidade para considerar que aquilo que o estudante conhece sobre sua própria experiência pode alterar aquilo que a instituição pensa saber.

A injustiça hermenêutica permite analisar uma dimensão complementar. Algumas experiências tornam-se difíceis de compreender quando os recursos conceituais disponíveis são insuficientes ou foram produzidos sem participação adequada daqueles que as vivenciam. No campo do autismo, categorias como *masking* e sobrecarga sensorial mostram como determinados fenômenos podem permanecer pouco inteligíveis quando interpretados apenas por repertórios convencionais.

Se a escola dispõe somente de categorias como “indisciplina”, “birra”, “desinteresse” ou “oposição” para interpretar uma situação de sobrecarga, o problema antecede a própria atribuição de credibilidade: falta um repertório interpretativo capaz de tornar a experiência compreensível.

Essa questão aproxima Fricker e Orrú sem tornar suas perspectivas equivalentes. Orrú permite analisar o risco de a categoria diagnóstica ocupar o lugar do sujeito; Fricker permite interrogar as consequências epistêmicas dessa substituição.

Quando a instituição possui uma explicação previamente disponível para cada manifestação — “ele faz isso porque é autista” — pode tornar-se menos necessário investigar o que aquele comportamento significa naquela situação concreta. O diagnóstico deixa de oferecer uma hipótese explicativa e passa a funcionar como resposta

antecipada. A pessoa procura comunicar uma experiência e recebe como retorno uma interpretação construída a partir de sua categoria.

A questão central não consiste em opor conhecimento profissional e conhecimento experiencial. Ambos são necessários e possuem limites. O problema surge quando a relação entre eles é organizada hierarquicamente de modo que um deles seja presumidamente crível e o outro presumidamente suspeito. Uma prática epistemicamente justa precisa articular conhecimentos especializados, pedagógicos, familiares e experienciais sem transformar a diferença comunicacional ou diagnóstica em motivo suficiente para desautorizar aquilo que o estudante conhece.

É nesse sentido que a literatura sobre experiência escolar ganha nova inteligibilidade quando lida por meio de Fricker. Incompreensão, *masking*, ansiedade, sofrimento sensorial, baixas expectativas e sub-representação das vozes autistas deixam de aparecer como problemas independentes e podem ser examinados também como fenômenos potencialmente relacionados à distribuição desigual de autoridade epistêmica.

A literatura não autoriza afirmar que toda experiência escolar de estudantes autistas constitua injustiça epistêmica; contudo, revela condições que tornam teoricamente pertinente investigar se determinados contextos escolares produzem déficits de credibilidade e formas de marginalização epistêmica.

A dimensão epistêmica da escolarização torna-se particularmente concreta quando se examinam as formas pelas quais a escola reconhece manifestações de conhecimento. Grande parte das práticas pedagógicas encontra-se organizada em torno de modalidades relativamente estabilizadas de comunicação: o professor pergunta, o estudante responde; o professor explica, o estudante demonstra atenção; o professor solicita um registro e o estudante escreve; posteriormente, a instituição utiliza essas manifestações para inferir o que foi ou não aprendido. Tais modalidades são legítimas, mas tornam-se potencialmente excludentes quando passam a ser consideradas as únicas formas confiáveis de demonstrar pensamento.

Estudantes podem expressar compreensão por meio de palavras, escrita, imagens, gestos, escolhas, tecnologias assistivas, comunicação alternativa ou combinações dessas modalidades. Entretanto, disponibilizar diferentes recursos comunicacionais não garante,

por si só, reconhecimento epistêmico. Pode existir uma hierarquia implícita na qual determinadas formas de expressão são consideradas manifestações mais autênticas de pensamento do que outras. Uma resposta oral espontânea pode ser prontamente interpretada como compreensão, enquanto uma resposta produzida mediante comunicação alternativa pode receber menor valor ou ser atribuída excessivamente à mediação realizada pelo adulto.

A acessibilidade comunicacional, portanto, constitui condição necessária, mas não suficiente; é preciso que aquilo que se comunica por meios diversos seja efetivamente considerado como linguagem potencialmente portadora de conhecimento.

A avaliação evidencia ainda mais esse problema. Nenhum instrumento acessa diretamente aquilo que o estudante sabe; a escola observa manifestações produzidas em determinadas condições e, a partir delas, infere aprendizagem. Essa mediação significa que conhecimento e capacidade de o demonstrar segundo determinado formato não são fenômenos idênticos.

Um estudante pode compreender um conceito e encontrar dificuldade para explicá-lo oralmente diante da turma; pode dominar determinado conteúdo e necessitar de maior tempo de processamento; pode possuir conhecimento e apresentar limitações motoras para registrá-lo; pode demonstrar compreensão por reconhecimento, associação, escolha ou produção visual. Quando essas diferenças não são consideradas, existe o risco de converter dificuldade de expressão em evidência de dificuldade intelectual.

Uma avaliação realizada em condições inadequadas pode, portanto, demonstrar menos o limite cognitivo do estudante do que a inadequação da situação na qual ele foi solicitado a expressar seu conhecimento. Essa afirmação não significa que toda dificuldade avaliativa seja apenas produto do ambiente ou que critérios de aprendizagem devam ser abandonados. Significa reconhecer que os resultados precisam ser interpretados considerando as condições de produção da resposta.

Em uma perspectiva epistemicamente inclusiva, avaliar não consiste somente em verificar aquilo que o estudante consegue fazer dentro de um formato previamente estabelecido, mas também em investigar quais condições tornam seu conhecimento acessível à observação pedagógica.

Esse deslocamento amplia a própria noção de participação. Participar não significa apenas estar envolvido em atividades ou responder às solicitações do professor. Há participação epistêmica quando o estudante possui oportunidades reais de formular perguntas, expressar interpretações, demonstrar conhecimentos e contribuir para decisões que dizem respeito à sua experiência. Nessa perspectiva, a inclusão passa a envolver não somente acesso ao conhecimento escolar, mas também reconhecimento do estudante como alguém capaz de participar das práticas por meio das quais esse conhecimento é produzido, comunicado e validado.

A formação docente aparece de maneira recorrente na literatura analisada como uma das condições necessárias à efetivação da inclusão. Roberts e Webster (2022), Petersson-Bloom e Holmqvist (2022) e Souza e Dias (2025) indicam, a partir de abordagens distintas, a importância de ampliar conhecimentos profissionais e construir respostas institucionais articuladas. Entretanto, reduzir a questão à afirmação genérica de que os professores precisam de mais formação não esclarece qual formação é necessária nem quais concepções de sujeito devem orientá-la.

Conhecer características do autismo, compreender aspectos sensoriais e comunicacionais, estudar recursos de acessibilidade, estratégias pedagógicas e direitos educacionais são componentes indispensáveis. Contudo, a formação pode produzir um efeito paradoxal quando conhecimentos gerais sobre o diagnóstico são convertidos em roteiros rígidos para interpretar indivíduos concretos.

Quanto mais o professor acredita possuir antecipadamente todas as respostas sobre aquilo que uma pessoa autista necessariamente fará ou poderá realizar, menor pode tornar-se sua disponibilidade para investigar o que determinado estudante está comunicando naquela situação.

Por essa razão, uma formação orientada pela justiça epistêmica precisa articular dois movimentos: aprender sobre o autismo e aprender com o estudante autista. O primeiro oferece repertório científico, pedagógico e jurídico necessário à prática profissional; o segundo reconhece que nenhum conhecimento geral elimina a necessidade de investigar a singularidade.

O professor precisa compreender como aquele estudante demonstra conhecimento, quais situações lhe produzem sobrecarga, que estratégias favorecem sua participação, como manifesta dúvidas, de que tempo necessita para processar determinadas informações e quais interpretações construídas pelos adultos precisam ser revistas diante das evidências produzidas na relação.

Essa concepção não diminui a autoridade profissional do professor; ao contrário, qualifica-a. A docência passa a ser compreendida como prática na qual conhecimentos prévios orientam a ação sem encerrar antecipadamente a interpretação do sujeito. O professor continua sendo responsável pelo ensino, pela avaliação e pelas decisões pedagógicas, mas reconhece que sua compreensão sobre determinado estudante é sempre suscetível de revisão. A capacidade de revisar hipóteses diante daquilo que emerge da experiência constitui, nesse sentido, uma competência profissional e epistemológica.

A colaboração defendida por Mendes, Almeida e Toyoda (2011) pode ser reinterpretada à luz dessa problemática. O conhecimento pedagógico acerca do estudante não precisa ser produzido isoladamente: professor da classe comum, educação especial, família e outros profissionais podem contribuir com perspectivas distintas. Entretanto, uma rede colaborativa permanece incompleta quando todos falam sobre o estudante sem criar condições para que aquilo que ele próprio comunica participe das decisões.

A forma dessa participação dependerá de idade, possibilidades comunicacionais e singularidades individuais, mas o princípio permanece: diferença comunicacional não constitui fundamento suficiente para presumir ausência de perspectiva.

Roberts e Webster (2022) também ajudam a ampliar a discussão ao defenderem uma abordagem institucional da inclusão. Se barreiras são produzidas por cultura escolar, organização, ambiente, atitudes e práticas coletivas, não é razoável esperar que sua superação dependa exclusivamente da competência individual de determinado professor.

Uma escola epistemicamente inclusiva necessita de espaços coletivos de reflexão nos quais interpretações possam ser confrontadas, expectativas revistas e diferentes conhecimentos colocados em diálogo. A formação, assim, deixa de ser apenas aquisição individual de técnicas e passa a constituir processo de transformação da própria cultura institucional.

O QUE A LITERATURA AINDA NÃO OUVIU: SILÊNCIOS, LACUNAS E POSSIBILIDADES

A análise transversal da literatura permite estabelecer algumas convergências importantes. A primeira é que presença em classe comum, embora indispensável, não constitui critério suficiente para definir inclusão. A segunda é que a experiência escolar de estudantes autistas é produzida na interação entre características individuais e condições ambientais, relacionais e institucionais. A terceira é que perspectivas em primeira pessoa revelam dimensões da escolarização que não podem ser integralmente conhecidas por observadores externos. A quarta é que concepções docentes, expectativas, diagnóstico e formas de organização institucional influenciam as oportunidades oferecidas aos estudantes. A quinta é que formação docente e transformação da cultura escolar aparecem reiteradamente como condições para a efetivação de práticas inclusivas.

Entretanto, a aproximação desses resultados evidencia uma dimensão ainda menos desenvolvida pela literatura: a posição ocupada pelo estudante autista nas relações de conhecimento que estruturam a escola. Os estudos já demonstram que estudantes podem sentir-se incompreendidos, mas ainda é necessário investigar de maneira mais sistemática como essa incompreensão interfere na credibilidade atribuída às suas interpretações.

A literatura reconhece diferenças comunicacionais, mas permanece necessário compreender quais formas de comunicação são efetivamente aceitas como manifestações de pensamento. Sabe-se que baixas expectativas persistem, mas é preciso examinar como elas participam da produção institucional de julgamentos sobre capacidade intelectual. Reconhece-se que o diagnóstico influencia práticas, mas permanece relevante investigar quando o conhecimento diagnóstico deixa de ampliar a compreensão e passa a substituir o conhecimento do sujeito concreto.

Essa lacuna pode ser sintetizada pela distinção entre voz e reconhecimento epistêmico. A crescente incorporação das perspectivas autistas constitui avanço fundamental, mas possuir espaço para comunicar-se não garante que aquilo que é comunicado receba credibilidade ou produza consequências.

A escola pode ouvir o estudante e manter inalteradas suas interpretações; pode oferecer instrumentos de comunicação e considerar determinadas respostas menos legítimas; pode incentivar participação e conservar decisões inteiramente organizadas por terceiros. Assim, a existência de voz não garante, por si mesma, justiça epistêmica.

Quadro 4: Evidências consolidadas e lacunas epistêmicas identificadas

O que a literatura já evidencia	Questão ainda insuficientemente explorada
Inclusão não se reduz à matrícula	Como caracterizar empiricamente o reconhecimento epistêmico.
Estudantes relatam incompreensão	Como a incompreensão afeta a credibilidade atribuída à sua palavra.
Existem barreiras sensoriais	Como a escola valida o conhecimento do estudante sobre sua experiência sensorial.
Há <i>masking</i> , ansiedade e sofrimento	Como repertórios escolares tornam essas experiências visíveis ou invisíveis.
Persistem baixas expectativas	Como expectativas interferem no reconhecimento da capacidade intelectual.
O diagnóstico influencia práticas	Quando a categoria diagnóstica passa a substituir o sujeito
Existem diferentes formas de comunicação	Quais delas são efetivamente reconhecidas como manifestações de conhecimento.
A participação estudantil é valorizada	Quando participação se transforma em autoria e influência sobre decisões.
Formação docente é fundamental	Como formar professores para identificar injustiças epistêmicas
A escola precisa transformar-se	Como revisar critérios institucionais de conhecimento, linguagem e capacidade.

Fonte: Elaboração própria.

A lacuna identificada não consiste, portanto, em ausência de pesquisas sobre autismo e escolarização. O campo possui produção significativa sobre inclusão, estratégias pedagógicas, relações sociais, sensorialidade, ansiedade, participação e experiências em primeira pessoa. A questão menos desenvolvida situa-se no cruzamento dessas produções: como a escola distribui credibilidade e autoridade epistêmica entre estudantes autistas e os demais atores que interpretam sua experiência? Essa formulação evita uma reivindicação genérica de novidade e delimita uma contribuição teórica específica: investigar a inclusão também a partir das relações pelas quais determinadas pessoas são reconhecidas, ou não, como capazes de produzir conhecimento relevante sobre si e sobre a escola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão desenvolvida neste artigo procurou demonstrar que a escolarização de estudantes autistas não pode ser suficientemente compreendida mediante uma oposição simples entre inclusão e exclusão quando essas categorias são definidas apenas pela localização institucional do estudante. A garantia do direito à classe comum representa conquista histórica indispensável, mas a ampliação desse acesso torna possível e necessário formular uma pergunta mais exigente acerca da qualidade das experiências construídas no interior da própria escola.

A literatura nacional e internacional mostra que estudantes autistas podem experimentar aprendizagem, relações significativas e pertencimento, ao mesmo tempo em que permanecem recorrentes relatos de incompreensão, bullying, *masking*, sobrecarga sensorial, ansiedade, isolamento, baixas expectativas e respostas institucionais pouco ajustadas às suas singularidades.

As contribuições brasileiras analisadas permitem compreender que tais experiências não podem ser atribuídas exclusivamente às características individuais do estudante. Mantoan desloca a inclusão para a transformação da escola; Mendes evidencia sua dimensão histórica, coletiva e institucional; Camargo e Bosa mostram a importância do contexto para as possibilidades interativas; Orrú problematiza os efeitos normalizadores produzidos quando o diagnóstico passa a antecipar aquilo que a escola espera do sujeito.

Em diálogo com essas contribuições, a literatura internacional centrada nas perspectivas dos próprios estudantes demonstra que conhecer a escolarização exige considerar aquilo que as pessoas autistas comunicam sobre os ambientes, relações e práticas que atravessam suas experiências.

É nesse encontro que a teoria da injustiça epistêmica de Miranda Fricker (2024) oferece uma contribuição particularmente produtiva. A questão deixa de ser apenas se estudantes autistas possuem oportunidades para falar e passa a envolver a credibilidade atribuída àquilo que comunicam.

A escola pode assegurar matrícula e, ainda assim, manter condições nas quais determinadas perspectivas recebem menor consideração; pode disponibilizar recursos de comunicação sem que o conhecimento expresso por meio deles alcance o mesmo estatuto atribuído a modalidades convencionais; e pode oferecer apoio conservando expectativas reduzidas acerca da capacidade intelectual.

A literatura analisada não permite concluir que essas situações ocorram necessariamente em toda escolarização de estudantes autistas, mas oferece evidências suficientes para justificar a investigação de suas possíveis dimensões epistêmicas.

A perspectiva desenvolvida neste artigo não propõe substituir conhecimentos clínicos, pedagógicos, familiares ou especializados pela experiência individual do estudante. O que se questiona é uma hierarquia rígida na qual conhecimentos produzidos sobre pessoas autistas recebam credibilidade antecipadamente superior àquilo que elas próprias conseguem comunicar.

Uma prática epistemicamente justa pressupõe diálogo entre diferentes fontes de conhecimento e exige que nenhuma delas seja desqualificada previamente em razão de preconceitos associados à identidade, à deficiência ou à modalidade comunicacional do sujeito.

Compreender o autismo como experiência epistêmica na escola significa, portanto, reconhecer que necessidade de apoio não equivale a ausência de conhecimento, diferença comunicacional não constitui ausência de pensamento e diagnóstico não determina antecipadamente as possibilidades intelectuais do estudante. Significa também reconhecer que uma avaliação pode tornar determinado conhecimento mais ou menos visível, que expectativas docentes interferem nas oportunidades de demonstrar capacidade e que ouvir somente se transforma em reconhecimento quando aquilo que é comunicado possui possibilidade real de participar da revisão de interpretações e práticas.

A principal lacuna identificada pela revisão encontra-se justamente nesse ponto. A literatura avançou significativamente na investigação da inclusão, das experiências em primeira pessoa, das condições sensoriais, da ansiedade, do pertencimento, das relações e das práticas docentes, mas permanece necessário compreender com maior profundidade como as práticas escolares reconhecem, desautorizam ou tornam invisíveis aquilo que

estudantes autistas percebem, comunicam e conhecem sobre si, sobre sua aprendizagem e sobre a própria escola.

Investigar essa dimensão poderá contribuir para deslocar o estudante da posição exclusiva de destinatário da inclusão para reconhecê-lo também como participante da produção do conhecimento educacional.

A inclusão escolar adquire, assim, uma exigência adicional: não basta assegurar que o estudante esteja presente, participe ou seja formalmente ouvido; torna-se necessário interrogar quais formas de linguagem recebem legitimidade, quais experiências são consideradas inteligíveis, quais sujeitos recebem credibilidade e quais concepções de capacidade orientam as decisões pedagógicas.

Nesse horizonte, a questão que permanece aberta para futuras investigações não é somente o que a escola precisa conhecer sobre o autismo, mas o que a própria escola poderá compreender sobre si mesma quando reconhecer que estudantes autistas também possuem conhecimentos a produzir sobre a experiência de aprender, participar e existir nela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINSON, E.; WOOD-DOWNIE, H.; WRIGHT, S. “Everybody needs to learn more”: a thematic synthesis of the first-hand experiences of autistic students in primary schools. *Neurodiversity*, v. 2, 2024. DOI: 10.1177/27546330241275160.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. **Lei nº 12.764, de 27 de dezembro de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília, DF: MEC/SEESP, 2008.

CAMARGO, Sígla Pimentel Höher; BOSA, Cleonice Alves. Competência social, inclusão escolar e autismo: revisão crítica da literatura. *Psicologia & Sociedade*, v. 21, n. 1, p. 65-74, 2009. DOI: 10.1590/S0102-71822009000100008.

CHAPMAN, H. K.; SOUTHALL, A. E.; GRIESHABER, S. What autistic students say about their learning and teaching experiences in mainstream secondary school: a scoping review. **The Australian Educational Researcher**, v. 52, p. 2821-2848, 2025. DOI: 10.1007/s13384-025-00838-0.

DILLON, G. V.; UNDERWOOD, J. D. M.; FREEMANTLE, L. J. Autism and the U.K. secondary school experience. **Focus on Autism and Other Developmental Disabilities**, v. 31, n. 3, p. 221-230, 2016. DOI: 10.1177/1088357614539833.

FISHER, E. et al. School anxiety experienced by autistic children: a systematic review of contributing factors. **School Mental Health**, v. 18, p. 720-739, 2026. DOI: 10.1007/s12310-026-09852-8.

FRICKER, Miranda. **Injustiça epistêmica: o poder e a ética do conhecimento**. Tradução de Breno R. G. Santos. São Paulo: Edusp, 2024.

GRAY, L.; HILL, V.; PELLICANO, E. “He’s shouting so loud but nobody’s hearing him”: a multi-informant study of autistic pupils’ experiences of school non-attendance and exclusion. **Autism & Developmental Language Impairments**, v. 8, 2023. DOI: 10.1177/23969415231207816.

HORGAN, F.; KENNY, N.; FLYNN, P. A systematic review of the experiences of autistic young people enrolled in mainstream second-level (post-primary) schools. **Autism**, v. 27, n. 2, p. 526-538, 2023. DOI: 10.1177/13623613221105089.

LYNAM, A. M. et al. Autistic pupils’ experiences in primary and post-primary schools: a scoping review and consultation with autistic pupils in Ireland. **Autism & Developmental Language Impairments**, v. 9, 2024. DOI: 10.1177/23969415241258705.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** São Paulo: Moderna, 2003.

MENDES, Enicéia Gonçalves. Breve histórico da educação especial no Brasil. **Revista Educación y Pedagogía**, Medellín, v. 22, n. 57, p. 93-109, maio/ago. 2010.

MENDES, Enicéia Gonçalves; ALMEIDA, Maria Amélia; TOYODA, Cristina Yoshie. Inclusão escolar pela via da colaboração entre educação especial e educação regular. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 41, p. 80-93, 2011. DOI: 10.1590/S0104-40602011000300006.

NASCIMENTO, L. R.; ARAÚJO, M.; PARREÃO, Y. C. S. Psychology and school inclusion of people with Autism Spectrum Disorder in Brazil: an integrative review. **Journal of Education and Learning**, v. 13, n. 5, p. 119-126, 2024. DOI: 10.5539/jel.v13n5p119.

ORRÚ, Sílvia Ester. O perigo da supervalorização do diagnóstico: rótulos introdutórios ao fracasso escolar de crianças com autismo. **Revista Gestão & Saúde**, v. 4, n. 1, 2013.

ORRÚ, Sílvia Ester. Os estudos da análise do comportamento e a abordagem histórico-cultural no trabalho educacional com autistas. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 45, n. 3, p. 1-12, 2008. DOI: 10.35362/rie4532120.

PETERSSON-BLOOM, L.; HOLMQVIST, M. Strategies in supporting inclusive education for autistic students: a systematic review of qualitative research results. **Autism & Developmental Language Impairments**, v. 7, 2022. DOI: 10.1177/23969415221123429.

ROBERTS, J.; WEBSTER, A. A. Including students with autism in schools: a whole school approach to improve outcomes for students with autism. **International Journal of Inclusive Education**, v. 26, n. 7, p. 701-718, 2022. DOI: 10.1080/13603116.2020.1712622.

SOUZA, Francisnaide dos Santos; DIAS, Viviane Borges. Autismo e inclusão escolar: o que indicam pesquisas na área da saúde? **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 29, e267944, 2025. DOI: 10.1590/2175-3539-2025-267944-t.

WILLIAMS, E. I.; GLEESON, K.; JONES, B. E. How pupils on the autism spectrum make sense of themselves in the context of their experiences in a mainstream school setting: a qualitative metasynthesis. **Autism**, v. 23, n. 1, p. 8-28, 2019. DOI: 10.1177/1362361317723836.

CAPÍTULO II

INVESTIGAÇÃO DA MEDIAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA JUSTIÇA RESTAURATIVA E DESENVOLVIMENTO SOCIOEMOCIONAL NO CONTEXTO ESCOLAR

Maria Rosilaine Lage³.
DOI-CAPÍTULO: 10.47538/AC-2026.80-02

RESUMO: A presente dissertação tem como objetivo a implementação de uma metodologia de mediação comunitária como instrumento de promoção da justiça restaurativa em contextos de vulnerabilidade social no estado de Minas Gerais, avaliando seus impactos sociais, educacionais e institucionais, a partir de uma proposta de intervenção fundamentada em práticas documentadas. A mediação, enquanto método extrajudicial de resolução de conflitos, tem se mostrado uma alternativa eficaz ao sistema judiciário tradicional, ao promover celeridade, redução de custos e maior satisfação das partes. O estudo adota uma abordagem metodológica mista, com base em análise documental e dados secundários extraídos de relatórios institucionais, jurisprudências e publicações científicas, além de aplicação de técnicas quantitativas com suporte em análise estatística por meio do software Microsoft Excel. A pesquisa também explora aspectos educacionais, legais e psicológicos da mediação, utilizando a análise de conteúdo como técnica para identificar padrões e tendências. Os resultados esperados incluem a identificação de vantagens práticas da mediação, seus limites frente à justiça tradicional e propostas para sua ampliação no contexto brasileiro, sobretudo como promotora da justiça restaurativa. A relevância da pesquisa reside na sua contribuição para a construção de políticas públicas voltadas à resolução pacífica de conflitos, bem como na valorização de práticas que promovam a cultura da paz.

PALAVRAS-CHAVE: Mediação. Justiça restaurativa. Justiça comum. Resolução de conflitos. Análise comparativa.

INVESTIGATION OF MEDIATION AS A TOOL FOR RESTORATIVE JUSTICE AND SOCIO-EMOTIONAL DEVELOPMENT IN THE SCHOOL CONTEXT

ABSTRACT: This dissertation aims to implement a community mediation methodology as a tool to promote restorative justice in contexts of social vulnerability in the state of Minas Gerais, Brazil, evaluating its social, educational, and institutional impacts through an intervention proposal based on documented practices. Mediation, as an extrajudicial method of conflict resolution, has proven to be an effective alternative to the traditional judicial system by promoting speed, reducing costs, and increasing the satisfaction of the parties involved. The study adopts a mixed methodological approach, based on document analysis and secondary data extracted from institutional reports, case law, and scientific publications, in addition to the application of quantitative techniques supported by statistical analysis using Microsoft Excel software. The research also explores the educational, legal, and psychological aspects of mediation, using content analysis as a

3 <http://lattes.cnpq.br/2179164273111375>. <https://orcid.org/0009-0003-4593-865X>. E-mail: rosilaine-lage@yahoo.com.br.

technique to identify patterns and trends. The expected results include identifying the practical advantages of mediation, its limitations compared to traditional justice, and proposals for its expansion within the Brazilian context, particularly as a promoter of restorative justice. The relevance of this research lies in its contribution to the development of public policies aimed at the peaceful resolution of conflicts, as well as in the appreciation of practices that foster a culture of peace.

KEYWORDS: Mediation. Restorative justice. Common justice. Conflict resolution. Comparative analysis.

INTRODUÇÃO

A justiça restaurativa é um modelo de justiça que busca reparar os danos causados por um conflito ou crime, envolvendo as partes afetadas e a comunidade. A mediação desempenha um papel fundamental nesse processo, ao possibilitar que os envolvidos se comuniquem de forma efetiva, construindo conjuntamente soluções que atendam aos interesses de todos. Essa abordagem prioriza a restauração das relações sociais, a reparação dos danos e o fortalecimento da corresponsabilidade entre os participantes, diferindo significativamente dos métodos punitivos tradicionais.

No Brasil, embora a justiça restaurativa venha sendo gradualmente incorporada ao sistema judicial e escolar, a aplicação da mediação ainda é incipiente, especialmente quando se considera seu potencial educacional, legal e psicológico. Faltam estudos que analisem de maneira sistemática a eficácia da mediação na promoção de práticas restaurativas em contextos de vulnerabilidade social, onde os conflitos costumam estar associados a múltiplas dimensões – econômicas, institucionais, culturais e emocionais.

Diante desse cenário, esta pesquisa propõe-se a investigar a implementação de metodologias de mediação comunitária com enfoque restaurativo no estado de Minas Gerais, observando seus impactos sociais, educacionais e institucionais. A análise será conduzida a partir de documentos institucionais de organizações que desenvolvem práticas restaurativas, como câmaras de mediação e centros comunitários, mediante autorização para acesso a materiais internos e relatórios, permitindo uma análise aprofundada dos processos e resultados alcançados.

A relevância da investigação está na possibilidade de oferecer subsídios concretos para o aprimoramento das práticas de mediação restaurativa em Minas Gerais,

contribuindo para a formação de mediadores, o fortalecimento de políticas públicas e a expansão da cultura da paz em escolas, comunidades e tribunais. Além disso, os resultados poderão servir de base para pesquisas futuras, consolidando um campo teórico-prático sobre justiça restaurativa no Brasil.

Nos últimos anos, o sistema judiciário brasileiro tem enfrentado desafios significativos relacionados à morosidade, excesso de demandas e altos custos processuais, fatores que dificultam o acesso efetivo à justiça e reduzem a satisfação das partes envolvidas nos litígios. Nesse contexto, a mediação emerge como uma alternativa promissora à justiça comum, oferecendo um caminho mais ágil, econômico e eficaz para a resolução de conflitos. Por privilegiar o diálogo e a corresponsabilidade, a mediação se alinha aos princípios restaurativos, promovendo não apenas acordos, mas também transformações socioemocionais que fortalecem o tecido social.

OBJETIVOS

Objetivo geral: Analisar a aplicação de metodologias de mediação comunitária com enfoque restaurativo em contextos de vulnerabilidade social no estado de Minas Gerais, por meio da investigação documental de práticas institucionais registradas, avaliando seus impactos sociais, educacionais e institucionais.

Objetivos específicos:

1. Investigar os impactos da mediação comunitária com enfoque restaurativo na resolução de conflitos em contextos de vulnerabilidade social, considerando indicadores qualitativos de transformação nas relações entre os envolvidos.
2. Analisar a percepção de mediadores e participantes, com base em registros documentais e entrevistas semiestruturadas, quanto à efetividade dos acordos e ao potencial restaurativo da mediação comunitária.
3. Avaliar os efeitos sociais, educacionais e institucionais da mediação comunitária a partir de dados qualitativos registrados por organizações locais, delimitando indicadores de mudança como engajamento comunitário, fortalecimento de vínculos e práticas de gestão de conflitos.

METODOLOGIA

Este artigo teve como base empírica a análise de experiências de mediação com enfoque restaurativo em contextos educacionais situados em territórios urbanos de Minas Gerais, caracterizados por vulnerabilidades sociais, desigualdades históricas e limitada presença do Estado. A escolha das escolas seguiu critérios previamente estabelecidos a partir de dados públicos sobre vulnerabilidade socioeconômica (IBGE e Secretarias Municipais de Educação), frequência de conflitos escolares e grau de envolvimento institucional em práticas restaurativas apoiadas por políticas públicas ou organizações da sociedade civil.

A investigação adotou uma abordagem qualitativa com elementos descritivos quantitativos, de caráter exploratório e aplicado. O foco principal recaiu sobre a análise documental e bibliográfica, associada a indicadores empíricos obtidos em relatórios de mediação, registros escolares e pareceres técnicos. Embora predominante qualitativa, a pesquisa utilizou dados quantitativos de forma descritiva, organizados em planilhas do Microsoft Excel apenas para tabulação e visualização, sem aplicação de inferências estatísticas.

A população-alvo da pesquisa compreendeu escolas públicas urbanas de Minas Gerais situadas em territórios de alta vulnerabilidade social e reconhecidas por desenvolverem projetos de mediação com enfoque restaurativo.

A amostra foi composta por documentos institucionais (relatórios de mediação, registros de casos, atas de reuniões e pareceres técnicos produzidos entre 2021 e 2024), projetos educacionais voltados à cultura de paz e práticas restaurativas devidamente documentadas, além de fontes bibliográficas especializadas (Almeida, 2023; Amorim, 2008; Mello, 2020) e bases públicas de dados, como IBGE, MEC e secretarias estaduais e municipais de educação e justiça.

As variáveis de análise foram organizadas em três dimensões: conflitos escolares (frequência, recorrência e formas de resolução), impactos socioemocionais (empatia, escuta ativa, cooperação e pertencimento comunitário) e apoio institucional (políticas públicas, formação continuada de mediadores e engajamento da gestão escolar).

A coleta de dados concentrou-se em fontes documentais e bibliográficas, incluindo relatórios, registros escolares, projetos pedagógicos e textos acadêmicos sobre mediação e justiça restaurativa. A análise foi conduzida por meio da técnica de análise de conteúdo temática (Bardin, 2016), permitindo identificar padrões discursivos e práticas recorrentes relacionadas à mediação e ao desenvolvimento socioemocional.

O procedimento metodológico envolveu levantamento bibliográfico, seleção e análise documental, categorização temática e organização de dados descritivos em planilhas do Microsoft Excel para fins de tabulação e visualização.

A interpretação dos achados articulou dados empíricos, literatura científica e informações oficiais. A pesquisa partiu das seguintes hipóteses orientadoras: (H1) a mediação restaurativa contribui para a redução de conflitos recorrentes; (H2) fortalece vínculos entre estudantes, equipe pedagógica e famílias; (H3) promove o desenvolvimento de competências socioemocionais, como empatia e cooperação; e (H4) sua efetividade depende da articulação entre políticas públicas, formação continuada e apoio institucional.

QUESTÃO NORTEADORA

Como a mediação comunitária tem sido implementada como instrumento de promoção da justiça restaurativa em contextos de vulnerabilidade social no estado de Minas Gerais, e quais são seus impactos sociais, educacionais e institucionais, bem como os principais desafios enfrentados nesse processo?

RELEVÂNCIA SOCIAL E EDUCACIONAL

O estudo propõe contribuições significativas para a construção de políticas públicas voltadas à resolução pacífica de conflitos, fortalecendo a cultura da paz e o desenvolvimento socioemocional em ambientes escolares e comunitários. A utilização da mediação como instrumento de justiça restaurativa permite o empoderamento das partes envolvidas, a construção coletiva de soluções e o fortalecimento dos vínculos sociais,

fatores essenciais para o desenvolvimento integral dos sujeitos e para a promoção de ambientes educativos mais saudáveis e colaborativos.

RESULTADOS

A análise dos dados empíricos evidenciou que a aplicação da mediação no contexto da Justiça Restaurativa tem gerado impactos positivos em três dimensões principais: educacional, legal e psicológica.

No âmbito educacional, observou-se que práticas como rodas de diálogo contribuíram para a construção de uma cultura de paz e corresponsabilidade, reduzindo conflitos recorrentes e ampliando a participação ativa de estudantes e educadores. Tais práticas fortaleceram valores éticos e democráticos, consolidando a escola como espaço de formação cidadã e de convivência respeitosa (Pereira; Guimarães, 2021; Monte et al., 2022).

Na esfera legal, a mediação restaurativa se destacou como alternativa eficiente para casos de menor potencial ofensivo, promovendo maior celeridade, diminuição da reincidência e alívio da sobrecarga judicial. A autonomia conferida às partes reforçou o protagonismo cidadão e a percepção de justiça subjetiva (Mello, 2020; Zaffaroni, 2014).

Sob a perspectiva psicológica, os participantes relataram sentimentos de escuta, reconhecimento e validação, com efeitos terapêuticos significativos. Vítimas apresentaram redução de sintomas de medo e estresse pós-traumático (MP-RJ, 2024; IDEA, 2023; Secretaria da Educação de SP, 2024), enquanto ofensores demonstraram maior empatia, responsabilização ética e desejo de reparação. Os encontros diretos entre vítimas e ofensores foram apontados como os mais transformadores emocionalmente, gerando reconciliação e fortalecimento de vínculos sociais.

DISCUSSÃO

Os achados confirmam a mediação como instrumento estratégico e relacional para a promoção da Justiça Restaurativa, indo além de uma técnica jurídica para se firmar como prática culturalmente situada (Almeida, 2023).

No plano educacional, a adoção de práticas restaurativas reforça o papel da escola como espaço de diálogo e formação democrática, conforme defendem Lima (2024) e Freire (1996). No campo legal, a mediação conecta a legalidade formal à legitimidade social, proporcionando processos mais ágeis e humanizados (Zaffaroni, 2014; Mello, 2020).

Psicologicamente, os benefícios relatados — como alívio emocional, fortalecimento da autoestima e redução de ansiedade evidenciam o potencial terapêutico da mediação (Amorim, 2008; IDEA, 2023; Habermas, 2022). A percepção de justiça esteve mais relacionada à escuta e ao reconhecimento mútuo do que a fatores objetivos. Sessões com encontros diretos mostraram maior profundidade emocional, corroborando a concepção da OMS (2023) de saúde como bem-estar integral.

Os dados também revelam que mediadores éticos e capacitados são fundamentais para o êxito do processo (Gonçalves, 2021). No entanto, persistem desafios estruturais, como resistências institucionais, ausência de políticas públicas e formação insuficiente de facilitadores (Barbosa, 2019; Lima, 2024).

CONCLUSÕES

A pesquisa evidenciou que a mediação restaurativa é uma ferramenta potente de transformação social, com impactos positivos nas dimensões educacional, legal, psicológica e comunitária. Ao promover escuta ativa, responsabilização voluntária e reconstrução de vínculos, a Justiça Restaurativa fortalece a cidadania, a saúde emocional e a cultura de paz.

No contexto escolar, mostrou-se eficaz na redução de conflitos e na promoção de ambientes mais cooperativos. Legalmente, representa uma alternativa legítima e humanizada ao modelo punitivo. Psicologicamente, favorece processos de cura e empoderamento de vítimas e ofensores.

Apesar dos avanços, é necessária a ampliação do acesso, o investimento na formação continuada de mediadores e a institucionalização de políticas públicas para garantir a sustentabilidade dessas práticas. Assim, a Justiça Restaurativa deve ser

compreendida não apenas como método alternativo de resolução de conflitos, mas como uma prática ética, pedagógica e relacional, essencial para sociedades mais justas, inclusivas e saudáveis.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. (2023). **Mediação e justiça restaurativa: fundamentos filosóficos e práticas sociais**. São Paulo: Editora Jurídica Nacional.
- AMORIM, M. (2008). **Participação cidadã e mediação comunitária**. Rio de Janeiro: EdUERJ.
- BARBOSA, L. (2019). **Desafios estruturais para a mediação comunitária no Brasil**. Brasília: IPEA.
- FREIRE, P. (1996). **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra.
- GONÇALVES, M. (2021). **Formação de mediadores: competências éticas e práticas**. Belo Horizonte: Editora Fórum.
- HABERMAS, J. (2022). **Direito e democracia: entre facticidade e validade (Vol. 1)**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro.
- IDEA – INSTITUTO DE DIÁLOGO E ESCUTA ATIVA. (2023). **Relatório anual de práticas restaurativas no Brasil**. Brasília: IDEA.
- LIMA, F. A. (2024). **Mediação comunitária e práticas restaurativas em Emaús**. Recife: Editora Universitária.
- MELLO, A. C. (2020). **Mediação comunitária no Brasil: experiências e desafios**. Belo Horizonte: PUC Minas.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. (2023). **Conceito ampliado de saúde e bem-estar**. Genebra: OMS.
- ZAFFARONI, E. R. (2014). **Em busca das penas perdidas: a perda da legitimidade do sistema penal**. Rio de Janeiro: Revan.

CAPÍTULO III

A PROGRESSÃO ARITMÉTICA NA COMPOSIÇÃO MOLECULAR DOS HIDROCARBONETOS EM CADEIAS NÃO RAMIFICADAS

Marinaldo Carvalho Lobato⁴; José Francisco da Silva Costa⁵; José Wilton Serrão Nascimento⁶;
Márcio José da Silva⁷; Robson André Barata de Medeiros⁸; Nilson Gonçalves de Almada⁹;
Edson Luis da Silva Soares¹⁰; Cristiano Maciel Quaresma¹¹; Giovane Ribeiro Rodrigues¹²;
Antonio Maia de Jesus Chaves Neto¹³.
DOI-CAPÍTULO: 10.47538/AC-2026.80-03

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo analisar a ocorrência de um padrão matemático na composição molecular dos hidrocarbonetos de cadeias não ramificadas representado por uma progressão aritmética nos alcanos, alcenos alcinos e alcadienos. A metodologia caracteriza-se por uma pesquisa bibliográfica e analítica, fundamentada na revisão de literatura e na sistematização das fórmulas gerais dos compostos, que mostram uma variação sequencial do número de átomos de carbono e hidrogênio. A partir dessa análise, observou-se que as fórmulas moleculares desses compostos seguem padrões matemáticos, nos quais o acréscimo da unidade estrutural CH_2 configura uma progressão aritmética envolvendo o número de átomos e as propriedades associadas. Os resultados evidenciam que tal regularidade pode facilitar a previsão de novos compostos, contribuindo para a compreensão das propriedades físico-químicas dos compostos de maneira sistemática. Conclui-se que a integração entre conceitos matemáticos e conteúdo da química orgânica amplia as práticas didáticas e analíticas, favorecendo o ensino e a pesquisa científica, fundamentada na organização dos hidrocarbonetos.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrocarbonetos. Progressão aritmética. Química orgânica. Pesquisa bibliográfica. Práticas pedagógicas.

THE ARITHMETIC PROGRESSION IN THE MOLECULAR COMPOSITION OF UNBRANCHED-CHAIN HYDROCARBONS

ABSTRACT: This article aims to analyze the occurrence of a mathematical pattern in the molecular composition of unbranched-chain hydrocarbons, represented by an arithmetic progression in alkanes, alkenes, alkynes, and alkadienes. The methodology is characterized as a bibliographic and analytical study, based on a literature review and the

4 <http://lattes.cnpq.br/3638803868937420>. <https://orcid.org/0000-0002-9984-7951>. E-mail: marinaldo.lobato2014@gmail.com.

5 <http://lattes.cnpq.br/9492719731740641>. <https://orcid.org/0000-0002-5463-8902>. E-mail: jfsc@ufpa.br.

6 <https://orcid.org/0000-0002-7566-9249>. E-mail: nascimentowilton@yahoo.com.br.

7 <https://orcid.org/0009-0006-4504-6274>. E-mail: marcio.silva@uepa.br.

8 <https://orcid.org/0000-0001-9897-8717>. E-mail: barata.medeiros@yahoo.com.br.

9 <https://orcid.org/0009-0006-7239-2690>. E-mail: almadanilson@gmail.com.

10 <https://orcid.org/0009-0002-7062-1163>. E-mail: edson.soares@gmail.com.

11 <http://lattes.cnpq.br/0650257763270174>. <https://orcid.org/0009-0003-0925-7072>. E-mail: quaresma.cristiano@yaooh.com.br.

12 <http://lattes.cnpq.br/2829412564752003>. <https://orcid.org/0009-0000-2461-5403>. E-mail: gilrr9232@gmail.com.

13 <http://lattes.cnpq.br/3507474637884699>. <https://orcid.org/0000-0002-9730-3512>. E-mail: amchaves@ufpa.br.

systematization of the general formulas of these compounds, which exhibit a sequential variation in the number of carbon and hydrogen atoms. From this analysis, it was observed that the molecular formulas of these compounds follow mathematical patterns in which the addition of a structural unit establishes an arithmetic progression involving the number of atoms and their associated properties. The results demonstrate that such regularity can facilitate the prediction of new compounds, contributing to a more systematic understanding of their physicochemical properties. It is concluded that the integration of mathematical concepts with organic chemistry content broadens didactic and analytical practices, supporting both teaching and scientific research through the structured organization of hydrocarbons.

KEYWORDS: Hydrocarbons. Arithmetic progression. Organic chemistry. Bibliographic research. Pedagogical practices.

INTRODUÇÃO

Os hidrocarbonetos são formados por átomos de carbono e hidrogênio, classificados em alcanos, alcenos, alcinos e aromáticos, diferenciando-se pelas ligações químicas existentes (Brown; Foote, 2015). Esses compostos podem ser utilizados na indústria, como matéria-prima para a produção de plásticos, solventes e borrachas sintéticas (Solómom, 2018).

Todavia, o uso indiscriminado pode gerar impactos ambientais, como emissão de gases poluentes e contaminação dos ecossistemas (Marriott; Cox, 2020). Nesse contexto, pesquisas mostram avanços na busca de alternativas sustentáveis que possam contribuir para o equilíbrio entre tecnologia e meio o ambiente (Atkins; Jones, 2003).

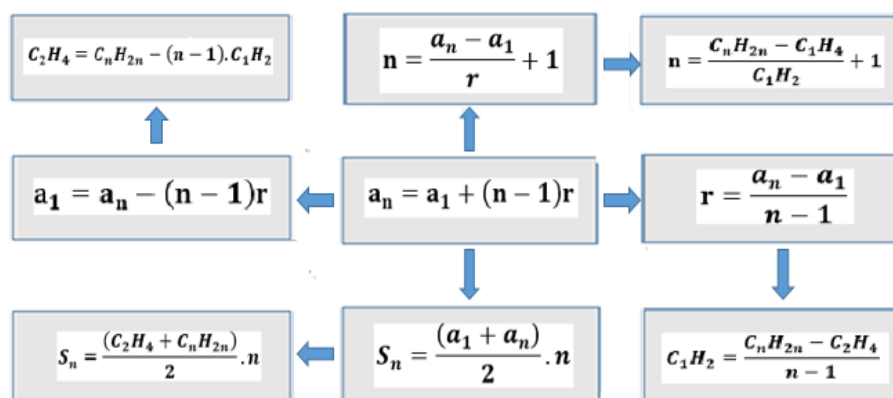
Nesse cenário, a investigação de padrões matemáticos na estrutura dos hidrocarbonetos justifica-se pela necessidade de integrar os conhecimentos da Química Orgânica e da Matemática, em supressão de abordagens fragmentadas que dificultam a compreensão conceitual dos estudantes. Pois a identificação de progressão aritmética na composição molecular dos alcanos, alcenos, alcinos e alcadienos pode contribuir para o ensino através da sistematização do conhecimento científico viabilizando a compreensão das transformações estruturais na formação científica.

Nesse sentido, a relação interdisciplinar entre matemática e química, segundo a BNCC (Brasil, 2018, p. 35) é de grande importância à construção do conhecimento

(Mortimer, 2011), proporcionar benefícios ao processo de ensino e aprendizagem, uma vez que o saber deve acontecer de forma lógica e não fragmentada (Morim, 2005).

Nesse contexto, esta pesquisa busca integrar conceitos de química e matemática para facilitar a compreensão da estrutura e reatividade dos compostos supracitados que possuem ligações simples, duplas e tripla (Morrison; Boyd, 2011), onde a organização molecular dos hidrocarbonetos segue um padrão matemático tornando possível uma abordar sobre a progressão aritmética na composição molecular dos alcanos, alcenos, alcinos e alcadienos, para a previsão das respectivas fórmulas moleculares (Souza, 2019). A Figura 1 ilustra o fluxograma com os passos a serem seguidos para chegar aos resultados do ponto de vista teórico.

Figura 1: Fluxograma com os passos a serem seguidos.



Fonte: Própria dos autores.

Diante do exposto, o problema de pesquisa consiste na compreensão da variação sequencial na composição molecular dos hidrocarbonetos de cadeia não ramificada, que pode ser descrita por uma progressão aritmética e na medida contribui para a previsão de suas propriedades. Busca-se, então, responder de que forma a estrutura química dos compostos se articulam com padrões numéricos regulares e as implicações decorrentes dessa relação.

Quanto à metodologia, refere-se a uma pesquisa teórica, cuja abordagem qualitativa é fundamentada em revisão bibliográfica de obras e artigos científicos pertinentes às áreas envolvidas. A análise das fórmulas gerais das séries supracitadas, é

feita pela identificação da unidade estrutural CH_2 e sua correspondência com a PA. Na sequência é feita uma generalização das fórmulas gerais seguida de aplicações do padrão identificado. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a ocorrência de um padrão matemático na composição molecular dos hidrocarbonetos de cadeias não ramificadas representado por uma progressão aritmética nos alcanos, alcenos alcinos e alcadienos.

REFERENCIAL TEÓRICO

HIDROCARBONETOS

Os hidrocarbonetos são compostos orgânicos formados somente por átomos de carbono (C) e hidrogênio (H), e desempenham um papel fundamental na química orgânica e na indústria petroquímica. Podem ser classificados em diferentes grupos, dependendo da natureza de suas ligações químicas entre os átomos de carbono (Atkins; Jones, 2012). O Quadro 1 apresenta a função, fórmula geral e as características dos quatro principais hidrocarbonetos.

Quadro 1: Função, fórmula geral e características dos hidrocarbonetos.

FUNÇÃO	FÓRMULA GERAL	CARACTERÍSTICAS
Alcanos	C_nH_{2n+2}	Cadeia aberta com ligação simples.
Alcenos	C_nH_{2n}	Cadeia aberta com ligação dupla.
Alcinos	C_nH_{2n-2}	Cadeia aberta com ligação tripla.
Alcadienos	C_nH_{2n-2}	Cadeia aberta com duas ligações duplas.

Fonte: Própria dos autores.

Os hidrocarbonetos mostrados no Quadro 1, possuem propriedades químicas e físicas distintas, cujas fórmulas gerais são dadas por C_nH_{2n+2} , C_nH_{2n} , C_nH_{2n-2} , respectivamente, onde (n) é o número de átomos de carbono, indicando o número, tipo de átomos e a proporção de ocorrência de hidrogênio na molécula. Entretanto, os alcadienos possuem a mesma fórmula geral dos alcinos porém, sendo de cadeia aberta contendo duas ligações duplas. Nesse sentido, assim como CH representa a fórmula bruta dos diversos compostos orgânicos, o CH_2O constitui a fórmula bruta de centenas de compostos (Peruzzo, 2006); (Barbosa, 2011).

ALCANOS

Os alcanos possuem apenas ligações simples sendo conhecidos pela pouca reatividade, cuja fórmula geral é dada por C_nH_{2n+2} , (Peruzzo, 2006); (Barbosa, 2011). O Quadro 2 mostra os alcanos e as respectivas fórmulas moleculares.

Quadro 2: Nome e fórmula molecular dos alcanos.

NOME	FUNCIONAMENTO NA PRÁTICA	FÓRMULA MOLECULAR
Metano	Para $n = 1: C_1H_{(2 \cdot 1)+2}$	C_1H_4
Etano	Para $n = 2: C_2H_{(2 \cdot 2)+2}$	C_2H_6
Propano	Para $n = 3: C_3H_{(2 \cdot 3)+2}$	C_3H_8
Butano	Para $n = 4: C_4H_{(2 \cdot 4)+2}$	C_4H_{10}
Pentano	Para $n = 5: C_5H_{(2 \cdot 5)+2}$	C_5H_{12}
Hexano	Para $n = 6: C_6H_{(2 \cdot 6)+2}$	C_6H_{14}
Fórmula geral	→	C_NH_{2N+2}

Fonte: Própria do autor.

O Quadro 2 apresenta os principais alcanos de cadeia normal e suas respectivas fórmulas moleculares, evidenciando a relação entre o aumento do número de átomos de carbono e hidrogênio. Observa-se que cada novo composto é obtido pelo acréscimo de uma unidade metileno ($-CH_2-$), caracterizando uma sequência regular. Essa regularidade é expressa pela fórmula geral dos alcanos, C_nH_{2n+2} , que corresponde a uma progressão aritmética na composição molecular desses hidrocarbonetos.

ACENOS

Os alcenos são hidrocarbonetos insaturados que possuem uma ou mais ligações duplas entre átomos de carbono. A fórmula geral é dada por C_nH_{2n} (Prozo, 2006; Barbosa, 2011). O Quadro 3 mostra o nome e a fórmula molecular dos alcenos.

Quadro 3: Nome e fórmula molecular dos alcenos.

NOME	FUNCIONAMENTO NA PRÁTICA	FÓRMULA MOLECULAR
Eteno	Para $n = 2: C_2H_{2 \cdot 2}$	C_2H_4
Propeno	Para $n = 3: C_3H_{2 \cdot 3}$	C_3H_6

Buteno	Para $n = 4$: $C_4H_{2.4}$	C_4H_8
Penteno	Para $n = 5$: $C_5H_{2.5}$	C_5H_{10}
Hexeno	Para $n = 6$: $C_6H_{2.6}$	C_6H_{12}
Hepteno	Para $n = 7$: $C_7H_{2.7}$	C_7H_{14}
.	.	.
Fórmula geral	→	C_nH_{2n}

Fonte: Própria do autor.

O Quadro 3 apresenta os principais alcenos de cadeia normal e suas respectivas fórmulas moleculares, destacando a presença de uma ligação dupla entre átomos de carbono. Observa-se que cada composto sucessivo difere do anterior pelo acréscimo de uma unidade metileno ($-CH_2-$), mantendo uma variação regular na quantidade de átomos. Essa regularidade é representada pela fórmula geral dos alcenos, C_nH_{2n} , evidenciando uma progressão aritmética na composição molecular dessa classe de hidrocarbonetos.

ALCINOS

Os alcinos, devido à presença de uma ligação tripla, são reativos, cuja fórmula geral é dada por C_nH_{2n-2} (Peruzzo, 2006; Barbosa, 2011). O Quadro 4 representa os alcinos com as respectivas fórmulas moleculares.

Quadro 4: Nome e fórmula molecular dos alcinos.

NOME	FUNCIONAMENTO NA PRÁTICA	FÓRMULA MOLECULAR
Etino	Para $n = 2$: $C_2H_{(2.2)-2}$	C_2H_2
Propino	Para $n = 3$: $C_3H_{(2.3)-2}$	C_3H_4
Butino	Para $n = 4$: $C_4H_{(2.4)-2}$	C_4H_6
Pentino	Para $n = 5$: $C_5H_{(2.5)-2}$	C_5H_8
Hexino	Para $n = 6$: $C_6H_{(2.6)-2}$	C_6H_{10}
Heptino	Para $n = 7$: $C_7H_{(2.7)-2}$	C_7H_{12}
.	.	.
Fórmula geral	→	C_nH_{2n-2}

Fonte: Própria dos autores.

O Quadro 4 apresenta os principais alcinos de cadeia normal e suas respectivas fórmulas moleculares, caracterizados pela presença de uma ligação tripla entre átomos de carbono. Verifica-se que cada composto sucessivo é formado pelo acréscimo de uma

unidade metileno ($-\text{CH}_2-$), mantendo uma variação regular no número de átomos de carbono e hidrogênio. Essa regularidade é expressa pela fórmula geral dos alcinos, $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, evidenciando uma progressão aritmética na composição molecular dessa série de hidrocarbonetos.

ALCADIENOS

Os alcadienos (ou dienos), pela presença de duas ligações duplas entre carbonos, possuem alta reatividade, que são regiões de alta densidade eletrônica e mais fáceis de serem rompidas do que as ligações simples (sigma - σ) cuja fórmula geral é a mesma dos alcinos dada por $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ (Peruzzo, 2006; Barbosa, 2011). Vale salientar que o primeiro termo da série dos alcadienos precisa ter pelo menos 3 carbonos na cadeia para que seja possível posicionar as duas ligações duplas. O Quadro 5 mostra os alcadienos com as respectivas fórmulas moleculares.

Quadro 5: Nome e fórmula geral dos alcadienos.

NOME	FUNCIONAMENTO NA PRÁTICA	FÓRMULA MOLECULAR
Propadieno	Para $n = 3$: $\text{C}_3\text{H}_{(2 \cdot 3)-2}$	C_3H_4
Butadieno	Para $n = 4$: $\text{C}_4\text{H}_{(2 \cdot 4)-2}$	C_4H_6
Pentadieno	Para $n = 5$: $\text{C}_5\text{H}_{(2 \cdot 5)-2}$	C_5H_8
Hexadieno	Para $n = 6$: $\text{C}_6\text{H}_{(2 \cdot 6)-2}$	C_6H_{10}
Heptadieno	Para $n = 7$: $\text{C}_7\text{H}_{(2 \cdot 7)-2}$	C_7H_{12}
Octadieno	Para $n = 8$: $\text{C}_8\text{H}_{(2 \cdot 8)-2}$	C_8H_{14}
.	.	.
Fórmula geral	→	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

Fonte: Própria dos autores.

O Quadro 5 apresenta os principais alcadienos de cadeia normal e suas respectivas fórmulas moleculares, caracterizados pela presença de duas ligações duplas entre átomos de carbono. Observa-se que cada composto sucessivo é obtido pelo acréscimo de uma unidade metileno ($-\text{CH}_2-$), mantendo uma variação regular no número de átomos de carbono e hidrogênio. Essa regularidade é representada pela fórmula geral dos alcadienos, $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, evidenciando uma progressão aritmética na composição molecular dessa classe de hidrocarbonetos.

Portanto, os hidrocarbonetos supracitados não se distinguem apenas pelas diferentes ligações existentes entre os átomos de carbono, mas também pelo grau de reatividade que possuem (Peruzzo, 2006); (Barbosa, 2011), o que conferem a essas moléculas propriedades químicas distintas.

PROGRESSÃO ARITMÉTICA, FÓRMULAS E SOMA DOS TERMOS

A progressão aritmética possui aplicações em situações do cotidiano e em outras áreas do conhecimento, como a física, química e economia. Constitui uma sequência numérica em que cada termo, a partir do segundo, é obtido somando uma constante ao anterior, denominada de razão, representada pela letra r (Neves, 2019); (Dante, 2020; Moura, (2017; Silva, 2019).

A PA pode ser classificada em decrescente de razão $r > 0$, crescente de razão $r < 0$ e constante de razão $r = 0$, cuja fórmula geral (Silva, 2019; Gonçalves, 2021; Ferreira, 2018) é dada por:

$$a_n = a_1 + (n - 1)r \quad (1)$$

Onde a_n é o n -ésimo termo, a_1 é o primeiro tem, n é o número de termos e r é a razão.

A fórmula do primeiro termo de uma PA é deduzida de (1) ou seja:

$$a_n = a_1 + (n - 1)r \Rightarrow a_1 = a_n - (n - 1)r. \quad (2)$$

Considerando a equação (2), tem-se que:

$$a_1 = a_n - (n - 1)r \Rightarrow a_1 - a_n = -(n - 1)r$$

Que equivale a

$$(n - 1)r = a_n - a_1 \Leftrightarrow r = \frac{a_n - a_1}{n - 1}. \quad (3)$$

Denotando a soma dos termos de uma PA por S_n , pode-se escrever que:

$$S_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_{n-1} + a_n \quad (4)$$

Pela comutatividade aditiva, tem-se que:

$$S_n = a_n + a_{n-1} + \dots + a_2 + a_1 \quad (5)$$

Somando os termos vem que:

$$2S_n = (a_1 + a_n) + (a_2 + a_{n-1}) + \dots + (a_{n-1} + a_2) + (a_n + a_1) \quad (6)$$

Percebe-se, então, que as (n) parcelas são somas de termos equidistantes dos extremos, o que permite escrever que:

$$2S_n = (a_1 + a_n)n \Leftrightarrow S_n = \frac{(a_1 + a_n)}{2} \cdot n. \quad (7)$$

Onde S_n : é a soma dos (n) primeiros termos, a_1 : é o primeiro termo e a_n : é o último termo (Moura, 2017). A fórmula (7) permite que, somando o primeiro e o último termo, em seguida o segundo e o penúltimo, e assim por diante, o resultado é constante. Para calcular o número de termos, usa-se a fórmula da razão, isto é:

$$r = \frac{a_n - a_1}{n-1} \Rightarrow (n-1)r = a_n - a_1 \quad (8)$$

$$\Rightarrow n-1 = \frac{a_n - a_1}{r} \Leftrightarrow n = \frac{a_n - a_1}{r} + 1. \quad (9)$$

CADEIA DE HIDROCARBONETOS

Os hidrocarbonetos caracterizam-se pelo acréscimo de unidades estruturais C_1H_2 em cadeias não ramificadas, dispostas em sequência segundo o número de átomos de carbono, evidenciando variações sistemáticas na composição molecular. A identidade funcional do grupo ocorre com a ligação entre carbonos e determinada por uma organização funcional, produzindo alterações nas propriedades físico-químicas, como ponto de ebulição, densidade e reatividade.

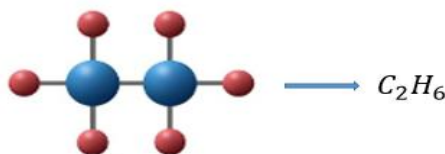
Dessa forma, as cadeias são organizadas permitindo compreender sua estrutura, classificação e previsibilidade dos compostos orgânicos, evidenciando a presença de padrões numéricos que podem ser descritos por uma PA. Nesse cenário, pela contagem molecular, pode-se determinar as sequências dos compostos químicos supramencionados a saber.

SEQUÊNCIA DOS ALCANOS

Os alcanos constituem uma série de hidrocarbonetos saturados de cadeia aberta, cuja fórmula geral é C_nH_{2n+2} . Nessa sequência, os compostos diferem pelo acréscimo de uma unidade estrutural C_1H_2 , estabelecendo uma regularidade na composição molecular. Então, partindo do metano C_1H_4 , seguido do etano C_2H_6 , propano C_3H_8 , butano C_4H_{10} e assim por diante, mantém o tipo de ligação simples entre os átomos de carbono.

Porém a regularidade indica um crescimento sistemático das propriedades, como aumento da massa molar e elevação dos pontos de ebulição, evidenciando um padrão que pode ser descrito por uma progressão aritmética. A Figura 3 mostra a ilustração da molécula do etano, dada por C_2H_6 , como exemplo.

Figura 3: Ilustração da molécula do etano.



Fonte: Adaptado de <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/classe-hidrocarbonetos.htm>

Observando a Tabela 2, pode-se escrever a sequência dos alcanos:

Metano, Etano, Propano, Butano, Pentano, Hexano, Heptano, ...

$$\Rightarrow CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, C_5H_{12}, C_6H_{14}, C_7H_{16}, \dots$$

$$\Leftrightarrow a_1 = CH_4, a_2 = C_2H_6, a_3 = C_3H_8, \dots = H_{2n+2}. \quad (10)$$

Mas C_n é o número de carbono e H_{2n+2} , a proporção de hidrogênio em relação ao carbono, que permite escrever:

$$C_nH_{2n+2} \Leftrightarrow H_{2.n(C)+2}. \quad (11)$$

Portanto, a sequência das fórmulas moleculares dos alcanos é dada por:

$$C_1H_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, C_5H_{12}, C_6H_{14}, C_7H_{16}, \dots, a_n = C_nH_{2n+2}, \quad (12)$$

Onde a_n representa os alcanos e C_nH_{2n+2} , a fórmula geral, que justifica a presença de uma P.A na composição dos alcanos que pode ser escrita por $2n + 2$ que afirmar que: nas fórmulas do alcanos, quando o número de carbono aumenta, a quantidade de hidrogênio assume uma proporção equivalente ao dobro de carbono somado com 2, tornando possível uma relação de proporcionalidade entre os alcanos e a progressão aritmética.

FÓRMULA DO TERMO GERAL PARA OS ALCANOS

Considere a sequência de PA:

$$PA = (a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_{n-1}, a_n). \quad (17)$$

$$\Rightarrow C_1H_4, C_2H_6, C_3H_8, \dots, C_{n-1}H_{n-1}, C_nH_n.$$

Fazendo a correspondência dos termos da PA com os alcanos, tem-se que:

$$(a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_{n-1}, a_n) = C_1H_4, C_2H_6, C_3H_8, \dots, C_{n-1}H_{n-1}, C_nH_n \quad (18)$$

Tomando a fórmula do termo da PA dada por (1) e fazendo o desenvolvimento, resulta que,

$$a_2 = a_1 + r \Rightarrow C_2H_6 = CH_4 + CH_2 \quad (19)$$

$$a_3 = a_1 + r + r \Leftrightarrow a_3 = a_1 + 2r \quad (20)$$

$$C_3H_8 = CH_4 + CH_2 + CH_2 \Leftrightarrow C_3H_8 = CH_4 + 2CH_2 \quad (21)$$

$$a_4 = a_1 + 2r + r \Leftrightarrow a_4 = a_1 + 3r \Rightarrow C_4H_{10} = CH_4 + 3CH_2 \quad (22)$$

$\vdots$

$\vdots$

$$a_n = a_1 + nr = C_nH_n = CH_4 + nCH_2 \quad (23)$$

Portanto,

$$a_n = a_1 + (n - 1)r \Rightarrow C_nH_n = CH_4 + (n - 1)CH_2. \quad (24)$$

Como como o hidrogênio aumenta numa proporção equivalente ao dobro de carbono mais 2, pode-se escrever (24) como:

$$a_n = a_1 + (n - 1)r \Leftrightarrow C_nH_{2n+2} = CH_4 + (n - 1)CH_2, \quad (25)$$

Onde CH_4 é o primeiro termo, C_nH_{2n+2} é o termo geral e CH_2 , a razão.

FÓRMULA DO PRIMEIRO TERMO

Para o cálculo do primeiro termo usa-se a expressão (24), para obter que,

$$\begin{aligned} a_n = a_1 + (n - 1)r &\Rightarrow C_nH_{2n+2} = CH_4 + (n - 1)CH_2 \\ \Leftrightarrow CH_4 &= C_nH_{2n+2} - (n - 1)CH_2 \end{aligned} \quad (27)$$

Onde $a_1 = CH_4$ é o primeiro termo, $a_n = C_nH_{2n+2}$ é o termo geral, $r = CH_2$ é a razão e N é o número de termos.

FÓRMULA DA RAZÃO

Como numa P.A a razão é determinada pela diferença de um termo qualquer, a partir do segundo pelo seu antecessor, pode-se escrever que:

$$r = a_2 - a_1 = r = C_2H_6 - C_1H_4 \Rightarrow r = C_{2-1}H_{6-4} \Leftrightarrow r = C_1H_2. \quad (28)$$

Portanto, o metileno, cuja fórmula é dada por C_1H_2 , é a razão de construção dos alcanos.

Nesse contexto, observando a sequência dos alcanos representada na Tabela 1, tem-se:

$$C_1H_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, C_5H_{12}, C_6H_{14}, C_7H_{16}, \dots$$

SOMA DOS TERMOS

Em relação à soma dos termos da sequência dos alcanos, pode-se determinar para os n primeiros termos dos alcanos. Isto é,

$$CH_4, C_2H_6, C_3H_8, \dots, C_{n-1}H_{n-1}, C_nH_n \\ \Leftrightarrow a_1, a_2, a_3, \dots, a_{n-1}, a_n$$

Nesse sentido pode-se deduzir a fórmula da soma S_n dos alcanos. Então, seja:

$$S_n = CH_4, C_2H_6, C_3H_8, \dots, C_{n-1}H_{n-1}, C_nH_n \quad (31)$$

Pela comutatividade aditiva, tem-se que:

$$S_n = C_nH_n + H_{n-1}H_{n-1} \dots + C_2H_6 + CH_4 \quad (32)$$

Somando os termos vem que:

$$2S_n = (CH_4 + C_nH_n) + (C_2H_6 + C_{n-1}H_{n-1}) + \dots + \\ + (C_{n-1}H_{n-1} + C_2H_6) + (C_nH_n + CH_4). \quad (33)$$

Nesse caso, as (n) parcelas são somas de termos equidistantes dos extremos, permitindo escrever a relação:

$$2S_n = (CH_4 + C_nH_n)n \Leftrightarrow S_n = \frac{(CH_4 + C_nH_n)}{2} \cdot n. \quad (34)$$

No entanto, observando que o número de hidrogênio é o dobro do número de carbono somado a 2, a equação (34) pode ser escrita como:

$$S_n = \frac{(CH_4 + C_nH_{2n+2})}{2} \cdot n. \quad (35)$$

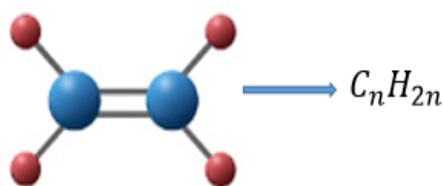
Dessa forma, fica deduzida a fórmula da soma dos termos da sequência dos alcanos.

SEQUÊNCIA DOS ALCENOS

Os alcenos corresponde a uma série de hidrocarbonetos insaturados caracterizados pela presença de uma ligação dupla entre os átomos de carbono, cuja fórmula geral é dada por C_nH_{2n} , onde os compostos são organizados conforme o aumento sucessivo do número de carbonos na cadeia, a partir do eteno C_2H_4 , seguido de propeno C_3H_6 , buteno C_4H_8 e assim sucessivamente.

Porém, a cada novo termo, há o acréscimo de um grupo CH_2 , mantendo-se a insaturação característica, o que garante continuidade estrutural e regularidade na variação das propriedades. Essa disposição mostra um comportamento sistemático que permite a classificação e a previsão de novos compostos dentro da série. A Figura 3 ilustra a molécula do etileno como um exemplo de alcenos, cuja fórmula geral é C_nH_{2n} .

Figura 4: Molécula do etileno.



Fonte: Adaptado de <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/classe-hidrocarbonetos.htm>

Observando a sequência dos alcenos na Tabela 3, tem-se que a sequência dos alcenos dada por:

Etileno, Propeno, Buteno, Penteno, Hexeno, Hepteno, ...

$$\Rightarrow C_2H_4, C_3H_6, C_4H_8, C_5H_{10}, C_6H_{12}, C_7H_{14}, C_8H_{16}, \dots$$

$$\Leftrightarrow a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, \dots$$

Nesse caso, o primeiro termo é representado pelo Eteno, seguido pelo Propeno, Buteno, Penteno e assim por diante, que estão em P.A., ou seja,

$$C_2H_4, C_3H_6, C_4H_8, C_5H_{10}, C_6H_{12}, C_7H_{14}, C_8H_{16}, \dots$$

$$a_1 = C_2H_4$$

$$a_2 = C_3H_6$$

$$a_3 = C_4H_8$$

$$\vdots$$

$$a_n = C_nH_{2n}$$

(36)

onde C_n é o número de carbono existente na molécula e C_nH_{2n} , a proporção de hidrogênio em relação ao carbono, que permite escrever $H_{2n} = 2 \cdot n(C)$. Portanto, os alcenos estão relacionados pela progressão aritmética, cuja razão é dada por:

$$r = C_3H_6 - C_2H_4 = C_{3-2}H_{6-4} \Rightarrow r = C_1H_2. \quad (38)$$

TERMO GERAL DOS OS ALCENOS

Considere a sequência

$$PA = (a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_{n-1}, a_n). \\ (C_2H_4, C_3H_6, C_4H_8, C_5H_{10}, C_6H_{12}, C_7H_{14}, C_8H_{16}, \dots)$$

Fazendo a correspondência dos termos da PA com os alcenos, vem que:

$$a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_{n-1}, a_n = C_2H_4, C_3H_6, C_4H_8, C_5H_{10}, C_6H_{12}, C_7H_{14}, \dots \\ \Rightarrow a_2 = a_1 + r \Rightarrow C_3H_6 = C_2H_4 + CH_2. \quad (40)$$

$$a_3 = a_1 + r + r \Rightarrow C_4H_8 = C_2H_4 + CH_2 + CH_2. \quad (41)$$

$$\Rightarrow a_3 = a_1 + 2r = C_4H_8 = C_2H_4 + 2CH_2 \quad (42)$$

$$a_4 = a_1 + 2r + r \Rightarrow C_5H_{10} = C_2H_4 + 2CH_2 + CH_2. \quad (43)$$

$$\Rightarrow a_4 = a_1 + 3r = C_5H_{10} = C_2H_4 + 3CH_2. \quad (44)$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$\Rightarrow a_n = a_1 + nr = C_nH_n = C_2H_4 + nCH_2. \quad (45)$$

$$\Rightarrow a_n = a_1 + (n-1)r \Leftrightarrow C_nH_n = C_2H_4 + (n-1)CH_2. \quad (46)$$

Como como o hidrogênio aumenta numa proporção equivalente ao dobro de carbono, permite escrever (25) como:

$$a_n = a_1 + (n-1)r \Leftrightarrow C_nH_{2n} = CH_4 + (n-1)CH_2, \quad (47)$$

Onde C_2H_4 é o primeiro termo e CH_2 , a razão. Portanto, a fórmula do termo geral para os alcenos é dada pela equação (26).

CÁLCULO DO PRIMEIRO TERMO PARA OS ALCENO

Fazendo

$$a_n = a_1 + (n - 1)r \Rightarrow C_nH_{2n} = C_2H_4 + (n - 1)CH_2 \quad (48)$$

Isolando o primeiro termo, tem-se que:

$$a_1 = a_n - (n - 1)r \Rightarrow C_2H_4 = C_nH_{2n} - (n - 1)CH_2 \quad (49)$$

Fazendo $n=1$, tem-se:

$$\begin{aligned} C_2H_4 &= C_nH_{2n} - (n - 1)CH_2 \\ \Rightarrow C_2H_4 &= C_nH_{2n} + (n - 1)CH_2 \Leftrightarrow C_2H_4 = C_nH_{2n} - nCH_2 + CH_2. \quad (50) \\ C_2H_4 - C_nH_{2n} &= -nCH_2 + CH_2 \end{aligned}$$

Fazendo $n = 1$ no lado direito da igualdade, tem-se:

$$C_2H_4 - C_nH_{2n} = 0$$

Onde $a_1 = C_2H_4$ é o primeiro termo, $a_n = C_nH_{2n}$ é o termo geral, $r = CH_2$ é a razão e N é o número de termos.

A RAZÃO PARA OS ALCENOS

A sequência dos alcenos representada na Tabela 2 é dada por:

Eteno, Propeno, Buteno, Penteno, ...

$$\begin{aligned} \Rightarrow C_2H_4, C_3H_6, C_4H_8, C_5H_{10}, C_6H_{12}, C_7H_{14}, C_8H_{16}, \dots \\ \Leftrightarrow a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, \dots \end{aligned}$$

Então, a razão da P.A formada pelos alcenos pode ser deduzida a partir da equação (26), ou seja:

$$a_n = a_1 + (n - 1)r \Rightarrow C_nH_{2n} - C_2H_4 = (n - 1)CH_2. \quad (51)$$

$$\Leftrightarrow CH_2 = \frac{C_nH_{2n} - C_2H_4}{n - 1}. \quad (52)$$

Portanto, a fórmula da razão é dada por:

$$r = \frac{a_n - a_1}{n-1} \Leftrightarrow CH_2 = \frac{C_n H_{2n} - C_2 H_4}{n-1}. \quad (53)$$

Conclui-se que, CH_2 (metileno) é a razão de composição dos alcenos, que representa uma molécula muito reativa e instável, possui quatro átomos de hidrogênio ligados a dois átomos de carbono.

OS N TERMOS PARA OS ALCENOS

Considerando a fórmula do termo geral (26), pode-se deduzir que:

$$a_n - a_1 = (n - 1)r \Rightarrow C_n H_{2n} - C_2 H_4 = (n - 1)CH_2 \quad (54)$$

$$\Rightarrow n - 1 = \frac{a_n - a_1}{r} \Rightarrow (n - 1) = \frac{C_n H_{2n} - C_2 H_4}{CH_2} \quad (55)$$

$$\Rightarrow n = \frac{a_n - a_1}{r} + 1 \Leftrightarrow n = \frac{C_n H_{2n} - C_2 H_4}{CH_2} + 1 \quad (56)$$

Portanto, essa é a fórmula para o cálculo dos (n) termos da sequência dos alcenos.

SEQUÊNCIA DOS ALCINOS

Os alcinos correspondem aos hidrocarbonetos insaturados que apresentam pelo menos uma ligação tripla entre átomos de carbono, descritos pela fórmula geral $C_n H_{2n-2}$. Neste caso, os compostos são dispostos de acordo com o número de carbonos na cadeia, a partir do etino $C_2 H_2$, seguido de propino $C_3 H_4$, butino $C_4 H_6$ etc., onde cada termo difere do anterior pelo acréscimo de uma unidade CH_2 , preservando a característica de insaturação, resultando em uma variação progressiva das propriedades, permitindo a identificação de padrões que favorecem a compreensão e a previsão do comportamento desses compostos. Observando a sequência dos alcinos na Tabela 4, tem-se que a sequência dos alcinos dada por:

Acetileno, Propino, Butino, Pentino, Hexino, Heptino, ...

$$\Rightarrow C_2 H_2, C_3 H_4, C_4 H_6, C_5 H_8, C_6 H_{10}, C_7 H_{12}, \dots = C_n H_{2n-2}. \quad (12)$$

Contando os elementos dos alcinos mostrado na Tabela 3, pode-se determinar as respectivas fórmulas estruturais. A Figura 6 ilustra a molécula do acetileno, com a fórmula estrutural, na qual nota-se a presença de dois átomos de carbono e dois de hidrogênio.

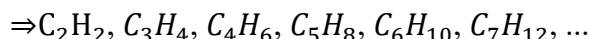
Figura 6: Molécula do acetileno.



Fonte: Adaptado de <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/classe-hidrocarbonetos.htm>

Na estrutura molecular dos alcinos, quando o número de carbono aumenta, a quantidade de hidrogênio aumenta numa proporção equivalente ao dobro do número de carbono menos 2. Então, pode-se escrever a sequência:

Etino, Propino, Butino, Pentino, Hexino, Heptino, ...



Fazendo, supondo-se que tende para o infinito, pode-se escrever que:

$$a_1 = C_2H_2, a_2 = C_3H_4, a_3 = C_4H_6, \dots = a_n = C_nH_{2n-2}. \quad (57)$$

Onde C_n é o número de carbono e C_nH_{2n-2} , a proporção de hidrogênio em relação ao carbono, que permite escrever que:

$$H_{2n-2} = 2 \cdot n(C) - 2. \quad (58)$$

Portanto, os alcinos estão relacionados pela P.A dada por (58).

TERMO GERAL DOS ALCINOS

Considere a sequência:

$$(a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_{n-1}, a_n) = C_2H_2, C_3H_4, C_4H_6, C_5H_8, \dots \quad (59)$$

$$\Rightarrow a_2 = a_1 + r \Leftrightarrow C_3H_4 = C_2H_2 + C_1H_2 \quad (60)$$

$$\Rightarrow a_3 = a_1 + r + r \Leftrightarrow a_3 = a_1 + 2r$$

(61)

$$\Rightarrow C_4H_6 = C_2H_2 + C_1H_2 + C_1H_2 \Leftrightarrow C_4H_6 = C_2H_2 + 2C_1H_2 \quad (62)$$

$$\Rightarrow a_4 = a_1 + 2r + r = a_4 = a_1 + 3r \Rightarrow C_5H_8 = C_2H_2 + 3C_1H_2 \quad (63)$$

$$\Rightarrow a_n = a_1 + nr = C_nH_{2n-2} = C_2H_2 + nC_1H_2; \quad (64)$$

$$\Leftrightarrow a_n = a_1 + (n-1)r \Rightarrow C_nH_{2n-2} = C_2H_2 + (n-1)C_1H_2. \quad (65)$$

Nesse contexto, o hidrogênio aumenta numa proporção equivalente ao dobro de carbono menos 2. Nesse caso, a equação (65) é a fórmula geral, onde C_nH_{2n-2} é o termo geral, C_2H_2 é o primeiro termo e n , o número de termos e C_1H_2 , a razão.

A RAZÃO

Seja

$$r = a_2 - a_1 = C_3H_4 - C_2H_2$$

$$\Rightarrow C_{3-2}H_{4-2} \Leftrightarrow C_1H_2 = C_3H_4 - C_2H_2.$$

Portanto, a fórmula da razão é dada por:

$$r = C_1H_2 = C_3H_4 - C_2H_2.$$

Onde $r = C_1H_2$ é a razão.

CÁLCULO DO PRIMEIRO TERMO PARA OS ALCINOS

A partir da fórmula geral, pode-se escrever que:

$$a_n = a_1 + (n-1)r \Rightarrow C_nH_{2n-2} = C_2H_2 + (n-1)C_1H_2$$

$$a_1 = a_n - (n-1)r \Leftrightarrow C_2H_2 = C_nH_{2n-2} - (n-1)C_1H_2.$$

$a_n = C_nH_{2n-2}$ é o termo geral e $r = CH_2$ é a razão, N é o número de termos.

OS N TERMOS PARA OS ALCINOS

Considerando o fato de que

$$a_n = a_1 + (n - 1)r \Rightarrow C_nH_{2n-2} = C_2H_2 + (n - 1)CH_2 \quad (75)$$

Isolando n, tem-se:

$$n - 1 = \frac{a_n - a_1}{r} \Rightarrow (n - 1) = \frac{C_nH_{2n-2} - C_2H_2}{CH_2} \quad (76)$$

$$\Rightarrow n = \frac{a_n - a_1}{r} + 1 = n = \frac{C_nH_{2n-2} - C_2H_2}{CH_2} + 1. \quad (77)$$

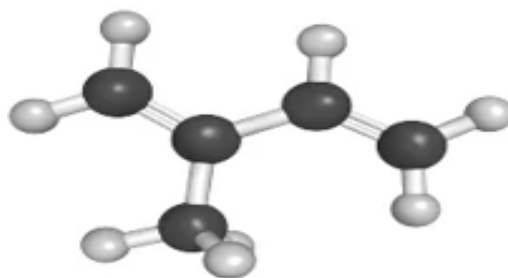
$$\Rightarrow n = \frac{C_{n-2}H_{2n-2-2}}{CH_2} + 1 \Leftrightarrow n = \frac{C_{n-2}H_{2n-4}}{CH_2} + 1. \quad (78)$$

Portanto, a equação (78) é a fórmula para o cálculo dos (n) termos da sequência dos alcinos.

SEQUÊNCIA DOS ALCADIENOS

Os alcadienos são hidrocarbonetos que apresentam duas ligações duplas, cuja fórmula geral é dada por C_nH_{2n-2} . São encontrados nos terpenos (compostos orgânicos voláteis responsáveis pelo aroma e o sabor característicos), extraídos de óleos essenciais de frutas e constituem o isopreno presente na borracha natural (fogaça, 2026). A Figura 7 ilustra a molécula do isopreno (monômero utilizado na formação da borracha natural), com a fórmula estrutural, na qual nota-se a presença de cinco átomos de carbono e oito de hidrogênio.

Figura 7: Molécula de isopreno



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/alcadienos-ou-dienos.htm>

Nessa estrutura molecular dos alcadienos, quando o número de carbono aumenta, a quantidade de hidrogênio também aumenta numa proporção equivalente ao dobro do número de carbono menos 2, permitindo escrever a sequência:

Propadieno, Butadieno, Pentadieno, Hexadieno, Heptadieno, Octadieno, ...

$$\Rightarrow C_3H_4, C_4H_6, C_5H_8, C_6H_{10}, C_7H_{12}, C_8H_{14}, \dots$$

Supondo-se que tende para o infinito, pode-se escrever que:

$$a_1 = C_3H_4, a_2 = C_4H_6, a_3 = C_5H_8, \dots = a_n = C_nH_{2n-2}.$$

Onde C_n é o número de carbono e C_nH_{2n-2} , a proporção de hidrogênio em relação ao carbono.

No entanto, para o alcadienos o processo de identificação da PA ocorre de forma análogo à dos Alcinos, por possuírem a mesma fórmula estrutural dada por C_nH_{2n-2} , permitindo escrever que:

$$H_{2n-2} = 2 \cdot n(C) - 2. \quad (79)$$

GENERIZAÇÃO DAS FÓRMULAS

Sabendo-se que, por hipótese, as sequências dos carbonos e hidrogênio tendem para o infinito, tem-se as sequências representadas por:

$$C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, \dots, C_n \text{ e } H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, \dots, H_n.$$

Nesse sentido, as fórmulas gerais dos alcanos, alcenos, alcinos e/ou alcadienos podem ser dadas por C_nH_{2n+2} , C_nH_{2n} , C_nH_{2n-2} , respectivamente, onde

$$a_1 = C_nH_{2n-2}, a_2 = C_nH_{2n}, a_3 = C_nH_{2n+2}.$$

Escrevendo as diferenças $a_3 - a_2$ e $a_2 - a_1$, prova-se que:

$$C_nH_{2n+2} - C_nH_{2n} = C_nH_{2n} - C_nH_{2n-2}. \quad (80)$$

Colocando C_n em evidência, vem que:

$$C_n(H_{2n+2} - H_{2n}) = C_n(H_{2n} - H_{2n-2}) \quad (81)$$

Que equivale a:

$$C_n H_{2n+2-2n} = C_n H_{2n-(2n-2)} \Rightarrow C_n H_2 = C_n H_2 \quad (82)$$

$$\Rightarrow C_n H_2 = C_n H_2 \Leftrightarrow C_1 H_2, \text{ para } n = 1. \quad (83)$$

Isso mostra que as fórmulas gerais dos hidrocarbonetos supracitados estão em Progressão Aritmética, cuja razão é o grupo metileno $C_1 H_2$, que representa a unidade repetitiva de um átomo de carbono ligado a dois átomos de hidrogênios, comuns nos hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos.

Colocando a sequência na forma de soma, tem-se que:

$$C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + \dots = C_n. \quad (83)$$

$$H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + \dots = H_n. \quad (84)$$

Nesse sentido, pode-se estabelecer um termo genérico a_j dessa sequência e indicar que os n termos podem ser somados, começando pelo termo com $j = 1$ e finalizando com $j = n$. Para esse fim, usa-se a letra grega maiúsculo sigma (Σ) para escrever o somatório dos carbonos e hidrogênio, ou seja,

$$\sum_{j=1}^n C_j = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + \dots + C_n. \quad (85)$$

E, do mesmo modo, para os Hidrogênios. Logo:

$$\sum_{j=1}^n H_j = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + \dots + H_n. \quad (86)$$

Colocando na forma de produto, resulta que:

$$\sum_{j=1}^n C_j \cdot \sum_{j=1}^n H_j. \quad (87)$$

No entanto, a fórmula alcanos e alcinos dadas por $C_n H_{2n+2}$ e $C_n H_{2n-2}$, onde o número de hidrogênio é o dobro de carbono somado e diminuído de 2, pode-se escrever o produto de somatório como:

$$\sum_{j=1}^n C_n \cdot \sum_{j=1}^n H_{2n \pm 2}. \quad (88)$$

Aplicando a propriedade do logaritmo de produto, vem que:

$$\log(\sum_{j=1}^n C_n \cdot \sum_{j=1}^n H_{2n\pm 2}) = \log \sum_{j=1}^n C_n + \log \sum_{j=1}^n H_{2n\pm 2}. \quad (89)$$

Substituindo o número ± 2 por $\pm p$, no segundo membro, pode-se escrever que:

$$\log(\sum_{j=1}^n C_n \cdot \sum_{j=1}^n H_{2n\pm 2}) = \log \sum_{j=1}^n C_n + \log \sum_{j=1}^n H_{2n\pm p}. \quad (90)$$

$$\Rightarrow \log(\sum_{j=1}^n C_n \sum_{j=1}^n H_{2n\pm 2}) = \log(\sum_{j=1}^n C_n \cdot \sum_{j=1}^n H_{2n\pm p}). \quad (91)$$

Eliminando log, resulta:

$$\sum_{j=1}^n C_n \sum_{j=1}^n H_{2n\pm 2} = \sum_{j=1}^n C_n \cdot \sum_{j=1}^n H_{2n\pm p}. \quad (92)$$

Colocando o somatório em evidência, tem-se:

$$\sum_{j=1}^n (C_n H_{2n\pm 2}) = \sum_{j=1}^n (C_n H_{2n\pm p}). \quad (93)$$

$$\Leftrightarrow C_n H_{2n\pm 2} = C_n H_{2n\pm p}. \quad (94)$$

Nesse caso, se p assumir os valores 0 e 2, tem-se uma generalização para as fórmulas dos hidrocarbonetos (alcanos, alcenos, alcinos e alcadienos), com as seguintes condições iniciais:

- Para $p = 2$, vem que:

$$C_n H_{2n\pm p} \Rightarrow C_n H_{2n\pm 2} \Leftrightarrow C_n H_{2n+2} \text{ e } C_n H_{2n-2}. \quad (95)$$

São as fórmulas gerais dos alcanos, alcinos e alcadienos, respectivamente.

- Se $p = 0$, tem-se que:

$$C_n H_{2n\pm p} \Rightarrow C_n H_{2n\pm 0} \Leftrightarrow C_n H_{2n}. \quad (96)$$

Que corresponde à fórmula geral dos alcenos. Portanto $C_n H_{2n\pm p}$ representa a expressão geral que determina as fórmulas gerais dos hidrocarbonetos supramencionados, onde n é o número de carbono $p = 0$ e $p = 2$, as condições iniciais para a determinação do número de hidrogênio.

Um fato interessante que se observa é que as fórmulas gerais desses hidrocarbonetos também estão em progressão aritmética.

Nesse sentido, dada a sequência das fórmulas gerais:

$$a_1, a_2, a_3 = C_n H_{2n-2}, C_n H_{2n}, C_n H_{2n+2}.$$

Tem-se:

$$r = a_3 - a_2 \Rightarrow C_n H_{2n+2} - C_n H_{2n} \Leftrightarrow r = C_n H_{2n}.$$

De fato. Seja

$$r = C_n H_{2n+2} - C_n H_{2n} = C_n H_{2n} - C_n H_{2n-2}. \quad (97)$$

Colocando C_n em evidência em ambos os lados da igualdade, tem-se que:

$$\begin{aligned} r &= C_n (H_{2n+2} - H_{2n}) = C_n (H_{2n} - H_{2n-2}). \\ \Rightarrow r &= C_n (H_{2n+2-2n}) = C_n [H_{2n-(2n-2)}]. \end{aligned} \quad (98)$$

Que é equivalente a:

$$r = C_n (H_{2n+2-2n}) = C_n [H_{2n-2n+2}].$$

Colocando, agora, $2n$ em evidência nos subíndices nos dois lados, vem que:

$$r = C_n (H_{2n(1+\frac{2}{2n}-\frac{1}{2n})}) = C_n (H_{2n(1-\frac{1}{2n}+\frac{2}{2n})}). \quad (99)$$

Fazendo $\frac{2}{2n}$ e $\frac{1}{2n}$ tender para zero em ambos os membros, resulta que:

$$\begin{aligned} C_n (H_{2n(1+0-0)}) &= C_n (H_{2n(1-0+0)}). \\ \therefore r &= C_n H_{2n} = C_n H_{2n}. \end{aligned} \quad (100)$$

Nesse caso, fazendo $n = 1$, resulta que:

$$r = C_1 H_2 = C_1 H_2. \quad (101)$$

Conclui-se, dessa maneira que, o metileno ($C_1 H_2$) é a razão de composição dos hidrocarbonetos.

APLICAÇÃO

4.1. Seja a sequência das fórmulas moleculares dos alcanos dada por $CH_4, C_2H_6, C_3H_8, \dots$ Determinar o hidrocarboneto que representa o 10º termo dos alcanos.

Solução:

Como o primeiro termo é $a_1 = CH_4$ e a razão é $C_3H_8 - C_2H_6 = C_{3-2}H_{8-6} = C_1H_2$, substituindo na fórmula do termo geral tem-se:

$$a_n = a_1 + (n - 1)r \Leftrightarrow C_nH_n = CH_4 + (n - 1)CH_2.$$

Entretanto quer-se calcular o décimo termos da sequência das fórmulas moleculares dos alcanos e, nesse caso, $n = 10$, levando na expressão $C_nH_n = CH_4 + (n - 1)CH_2$, resulta que:

$$C_{10}H_{10} = CH_4 + 9CH_2.$$

Nesse caso, a notação $9(CH_2)$ significa que o grupo metileno (CH_2) está repetido 9 vezes consecutivas na cadeia de átomos de carbono, simplificando a fórmula estrutural, ou seja,



Isso indica que a molécula possui uma cadeia linear de nove grupos metileno conectados entre si, que constitui uma parte do composto dada por

$$9(CH_2) = C_9H_{18}.$$

Substituindo em $C_{10}H_{10} = CH_4 + 9CH_2$ resulta em:

$$\begin{aligned} C_{10}H_{10} &= CH_4 + C_9H_{18} \Rightarrow C_{10}H_{10} = C_{1+9}H_{4+18}. \\ &\Leftrightarrow C_{10}H_{10} = C_{10}H_{22}. \end{aligned}$$

Portanto, o décimo termos da sequência é $C_{10}H_{22}$ denominado *n*-Decano (hidreto de decila).

4.2. Mostre que a diferença entre as fórmulas dos alcanos e dos alcenos é igual ao composto CH_2 que representa a razão de uma PA determinada pelas fórmulas gerais dos hidrocarbonetos.

Solução:

Para solucionar esse problema escreve-se a diferença entre as fórmulas gerais dos alcanos e alcenos, isto é, *alcanos* – *alcenos* $\Rightarrow C_nH_{2n+2} - C_nH_{2n}$.

Colocando C_n em evidência, tem-se que:

$$\begin{aligned} r &= C_n(H_{2n+2} - H_{2n}) \Rightarrow r = C_n(H_{2n+2} - H_{2n}). \\ &\Leftrightarrow C_n(H_{2n+2-2n}) \Leftrightarrow C_n H_2. \end{aligned}$$

Fazendo $n = 1$, resulta em

$$r = C_1 H_2.$$

Portanto, CH_2 é a razão da P.A envolvendo os hidrocarbonetos supramencionados.

METODOLOGIA

A metodologia deste estudo baseia-se numa abordagem teórica e qualitativa, relacionando a organização molecular dos hidrocarbonetos com padrões matemáticos descritos por progressões aritméticas. Realizou-se um levantamento bibliográfico entre obras clássicas e contemporâneas das áreas de Química Orgânica e Matemática, na busca de fundamentos conceituais sobre a estrutura molecular dos hidrocarbonetos e propriedades das progressões aritméticas. Essa etapa foi fundamental para estabelecer o referencial teórico que sustenta a análise desenvolvida neste trabalho.

Na sequência, houve à sistematização das fórmulas gerais dos alcanos, alcenos, alcinos e alcadienos considerando cadeias não ramificadas, com a organização de quadros contendo os termos de cada série, permitindo identificar uma regularidade no número de átomos de carbono e hidrogênio. A partir daí, realizou-se uma análise comparativa das sequências, evidenciando o acréscimo constante da unidade estrutural ($-CH_2-$) entre termos consecutivos, caracterizando uma PA na composição molecular, estabelecendo uma correspondência entre o crescimento das cadeias carbônicas e o conceito matemático de razão constante.

Na sequência, aplicaram-se as fórmulas da progressão aritmética para deduzir expressões gerais relacionadas às séries de hidrocarbonetos, como o termo geral, a razão e a soma dos termos, interpretando os resultados no contexto químico, considerando exemplos aplicados com o intuito de demonstrar a utilidade do modelo matemático na previsão de compostos e na compreensão de suas propriedades.

Integra-se a análise matemática à interpretação química, mostrando que a regularidade observada reflete um princípio estrutural dos hidrocarbonetos que permitindo a consolidação de uma abordagem interdisciplinar consistente, conforme apresentado no desenvolvimento desta pesquisa.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da análise dos hidrocarbonetos como sequências numéricas evidenciam a existência de uma regularidade descrita por uma progressão aritmética. Observou-se que, os alcanos, alcenos, alcinos e alcadienos apresentam acréscimo sucessivo de um grupo ($-\text{CH}_2-$) entre termos consecutivos estabelecendo uma razão constante, que permite organizar as fórmulas moleculares em sequências numéricas ordenadas. Tal comportamento foi confirmado pela sistematização das fórmulas gerais ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, C_nH_{2n} e $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$), que demonstrou variação no número de átomos de hidrogênio em função do número de carbonos na cadeia.

Do ponto de vista matemático, verificou-se que tais sequências obedecem às propriedades fundamentais das progressões aritméticas, possibilitando a aplicação de expressões para descrever o crescimento das cadeias carbônicas. As correspondências permitiram a dedução de fórmulas capazes de prever a composição molecular de hidrocarbonetos que sugere um caráter preditivo do modelo. A análise demonstrou que a razão da progressão se associa ao grupo metileno CH_2 , configurando-se como unidade estrutural responsável pela regularidade observada.

Nesse contexto, destaca-se que a relação entre estrutura química e padrão matemático revela um princípio organizador intrínseco aos compostos estudados, implicando numa compreensão sistemática das propriedades físico-químicas, uma vez que o aumento da cadeia carbônica influencia na massa molar, pontos de ebulição e reatividade. Dessa forma, a identificação da progressão aritmética fornece um instrumento teórico que articula estrutura e propriedade, proporcionando a interpretação de fenômenos químicos.

No mais, os resultados obtidos reforçam a relevância da interdisciplinaridade no processo de construção do conhecimento, ao demonstrar que conceitos matemáticos podem atuar como ferramentas dedutivas na química. Essa integração possibilita práticas didáticas, para uma aprendizagem significativa, além de contribuir para o desenvolvimento de abordagens analíticas inovadoras. Portanto, a pesquisa confirma a presença de padrões numéricos nos hidrocarbonetos e evidencia um potencial explicativo e formativo no ensino e na investigação científica.

CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo deste trabalho mostrou, de forma sistemática e fundamentada, a organização estrutural dos hidrocarbonetos de cadeia não ramificada seguindo um padrão lógico descrito por uma PA, onde as fórmulas moleculares dos alcanos, alcenos, alcinos e alcadienos revelaram uma regularidade na distribuição dos átomos de carbono e hidrogênio, marcada pelo acréscimo constante da unidade estrutural CH_2 , configurando uma razão fixa entre termos consecutivos. Esse comportamento demonstra a existência de uma relação entre a estrutura química e modelos matemáticos, que permite interpretar a composição molecular de forma organizada e previsível. A partir disso, foi possível descrever as sequências moleculares a dedução das fórmulas gerais.

Dessa maneira, o modelo matemático passa atuar como um mecanismo eficaz no estudo dos hidrocarbonetos, que reforça a importância da interdisciplinaridade, usada de forma inovadora, na construção do conhecimento científico de modo que o ensino possa contribuir para a superação da fragmentação do saber com relevância para o contexto educacional.

Conclui-se, portanto, que a utilização do conceito matemático, como ferramenta analítica, evidencia a presença de padrões lógicos na composição molecular proporcionando uma leitura crítica e estruturada dos fenômenos químicos sendo enriquecedor para a teoria e prática científica.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P. W.; PAULA, J. de. **Físico-química**. v. 2. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- ATKINS, P. W.; PAULA, J. de. **Fundamentos de físico-química**. v. 1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.
- BARBOSA, L. C. de A. **Introdução à química orgânica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- BROWN, T.; FOOTE, C. **Química orgânica**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- DANTE, L. **Matemática: uma visão geral**. 5. ed. São Paulo: Editora Educacional, 2020.
- FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Alcadienos ou dienos**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/alcadienos-ou-dienos.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2026.
- MARRIOTT, K.; COX, M. **Hidrocarbonetos e meio ambiente**. Londres: Springer, 2020.
- MORIN, E. **Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios**. São Paulo: Cortez, 2005.
- MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. **Química orgânica**. 16. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2011.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2011.
- MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1-23, dez. 2003.
- MOURA, M. **Progressões aritméticas e geométricas: teoria e prática**. São Paulo: Matemática Atual, 2017.
- NEVES, T. D. **As progressões como conteúdo escolar no Colégio Pedro II: programas de ensino e livros didáticos (1850-1931)**. 2019. 218 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.
- PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química na abordagem do cotidiano**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006. v. 3: Química Orgânica.
- SILVA, L. F. Reflexões sobre interdisciplinaridade e educação ambiental crítica. **Pesquisa em Debate**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-15, 2009.
- SILVA, R. **Sequências numéricas e suas aplicações**. Porto Alegre: Matemática Fácil, 2019.

SOLOMONS, T. W. G. **Fundamentos da química orgânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SOUZA, M.; LIMA, C. **Fundamentos de química orgânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Acadêmica, 2019.

VOLLHARDT, K. P. C.; SCHORE, N. E. **Química orgânica: estrutura e função**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CAPÍTULO IV

A PAPILOSCOPIA APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO DAS IMPRESSÕES DIGITAIS COM USO DE MÉTODOS TEÓRICOS NA QUÍMICA FORENSE

Poliane Nayra Silva Costa¹⁴; Marinaldo Carvalho Lobato¹⁵; Jully Kelly Moraes Rego¹⁶; Robson André Barata de Medeiros¹⁷; Nercy Pantoja Costa¹⁸; Maylson de Sousa Serrão¹⁹; Rayssa Miranda Ferreira²⁰; Claudete Pinheiro Fortes²¹; Maria Alcione de Oliveira Castro²²; José Francisco da Silva Costa²³.

DOI-CAPÍTULO: 10.47538/AC-2026.80-04

RESUMO: O presente artigo aborda a aplicação da papiloscopia na identificação de impressões digitais com o uso de métodos da química forense, destacando sua importância como técnica precisa e amplamente aceita nos processos de investigação criminal e perícia. A relevância do tema para a química forense reside no fato de que a identificação humana por impressões digitais representa um dos métodos mais seguros e cientificamente fundamentados para a individualização de pessoas em contextos forenses. O objetivo geral do estudo é analisar como os métodos físico-químicos, utilizados na revelação de impressões digitais latentes, contribuem para a eficácia da identificação papiloscópica. Realiza-se uma pesquisa bibliográfica com base em artigos científicos e livros com enfoque em problemas relacionados a estudo de impressão digital ligado a papiloscopia. Os resultados evidenciam que os conhecimentos da papiloscopia bem nas resoluções de problemas como, a identificação criminal; impressões digitais latentes em uma superfície metálica e impressão digital latente em um vidro com aplicação do cálculo integral, possui uma importância considerável no contexto real da área criminal, pois procedimentos químicos de revelação potencializa a precisão na identificação e amplia a eficácia das análises periciais do ponto de vista teórico, mesmo em condições ambientais adversas. Conclui-se que a integração entre a química forense e a papiloscopia fortalece a atuação dos peritos criminais e promove avanços na elucidação de crimes por meio da análise técnica das impressões digitais, considerando estudo muito mais aprofundado e com a colaboração de estudos teóricos mais aprofundados.

14 <http://lattes.cnpq.br/8575111040064787>. <https://orcid.org/0009-0008-9386-4444>. E-mail: poliane.nayra25@gmail.com.

15 <http://lattes.cnpq.br/3638803868937420>. <https://orcid.org/0000-0002-9984-7951>. E-mail: marinaldo.lobato2014@gmail.com.

16 <http://lattes.cnpq.br/1547241374815873>. <https://orcid.org/0009-0008-9398-7161>. E-mail: jullymo.raes080194@gmail.com.

17 <https://orcid.org/0000-0001-9897-8717>. E-mail: barata.medeiros@yahoo.com.br.

18 <https://orcid.org/0009-0005-9664-4883>. E-mail: nercypantojacosta@gmail.com.

19 <http://lattes.cnpq.br/1751571736826294>. <https://orcid.org/0009-0004-5998-2843>. E-mail: maylsons535@gmail.com.

20 <http://lattes.cnpq.br/7290794813588151>. <https://orcid.org/0009-0009-0095-6735>. E-mail: rayssa.miranda212@gmail.com.

21 <http://lattes.cnpq.br/6186215851198771>. <https://orcid.org/0009-0004-2851-7738>. E-mail: claudetepinhei82@gmail.com.

22 <http://lattes.cnpq.br/2582533009586198>. <https://orcid.org/0009-0001-0927-1857>. E-mail: castro.alcione05@gmail.com.

23 <http://lattes.cnpq.br/9492719731740641>. <https://orcid.org/0000-0002-5463-8902>. E-mail: jfsc@ufpa.br.

PALAVRAS-CHAVE: Papiloscopia. Impressões digitais. Identificação. Química forense. Aplicação com integral.

**PAPILLOSCOPY APPLIED TO FINGERPRINT IDENTIFICATION USING
THEORETICAL METHODS IN FORENSIC CHEMISTRY**

ABSTRACT: This article addresses the application of papiloscopia in fingerprint identification through the use of forensic chemistry methods, highlighting its importance as a precise and widely accepted technique in criminal investigations and forensic examinations. The relevance of this topic to forensic chemistry lies in the fact that human identification through fingerprints represents one of the safest and most scientifically grounded methods for the individualization of persons in forensic contexts. The general objective of this study is to analyze how the physicochemical methods used in the development of latent fingerprints contribute to the effectiveness of papiloscopic identification. A bibliographic review was conducted based on scientific articles and books focusing on fingerprint studies related to papiloscopia. The results show that knowledge of papiloscopia is highly valuable in solving problems such as criminal identification, the development of latent fingerprints on metallic surfaces, and the analysis of latent fingerprints on glass using applications of integral calculus. These findings demonstrate considerable importance in real criminal investigation contexts, since chemical development procedures enhance identification accuracy and increase the effectiveness of forensic analyses, even under adverse environmental conditions, from a theoretical perspective. It is concluded that the integration of forensic chemistry and papiloscopia strengthens the work of forensic experts and promotes advances in crime solving through the technical analysis of fingerprints, supported by more in-depth studies and broader theoretical contributions.

KEYWORDS: Papiloscopia. Fingerprints. Identification. Forensic Chemistry. Applications of integral calculus.

INTRODUÇÃO

A papiloscopia é reconhecida como o método mais eficaz de identificação humana em âmbito forense, pois as impressões digitais são únicas, permanentes e imutáveis ao longo da vida, cada ser vivo possui uma identificação singular (Maia et al., 2012; Oliveira, 2006). O princípio de que "todo contato deixa vestígios", estabelecido por Locard, fundamenta a utilização das impressões digitais em investigações criminais, destacando a interface entre a biologia papilar e a química forense e devido a isso, abre-se uma ponte crucial para desvendar crimes etc. (Maia, 2012; Oliveira, 2006).

Com o avanço das técnicas analíticas, a interação entre os procedimentos físicos de revelação e os métodos químicos tais como o uso de reagentes a saber ninhidrina, cianoacrilato, DFO, pós reveladores em superfícies diversas e tecnologias instrumentais com uso inrente de espectrometria e espectroscopia, pode-se comprovar, essencialmente

no sentido de maximizar a qualidade das revelações e a precisão das comparações papiloscópicas (Silva et al., 2023; Ramotowski, 2001; Hegde & Pathak, 2023).

O uso de ninhidrina em superfícies porosas e a vaporização de cianoacrilato em não porosas, revelam-se complementares, melhorando as taxas de identificação, inclusive após exposição a condições adversas demandadas pelos critérios de investigação (Silva et al., 2023).

Avanços significativos e recentes destacam o papel dos nanomateriais que corroboram de maneira significativa para o estudo ligado a impressão digital (Venugopal et al., 2023; Beaudoin, 2004) e técnicas instrumentais avançadas como, mass spectrometry, Raman e IR são avanços significativos pertencentes a área da modelagem molecular para a caracterização química dos resíduos digitais, fornecendo não apenas a imagem papilar, mas também informações sobre substâncias exógenas a saber, drogas ou explosivos e dados sobre envelhecimento da digital (Su, 2016; Xu et al., 2014; Hazarika; Russell, 2012).

Estes estudos e avanços se tornam cada vez mais perspectiva nas aplicações da papiloscopia, fortalecendo seu papel na química forense moderna.

Com base nesse contexto introdutório, verifica-se a importância da temática, residindo na capacidade de integração entre papiloscopia e química forense o que não apenas para reforçar a confiabilidade da identificação humana consagrada legalmente, mas para extrair informações adicionais, como tipificação de substâncias ou determinação de tempo de deposição da digital onde o acervo de estudos complementa a confiabilidade de aplicação.

Assim sendo, o presente estudo tem como objetivo geral: Analisar como os métodos físico-químicos utilizados na revelação de impressões digitais latentes podem contribuir para a eficácia da identificação papiloscópica, integrando conhecimento técnico-científico e aplicação com problemas contextualizados.

Por meio de investigação bibliográfica fundamentada em artigos científicos e livros ligados a temática, torna-se possível ampliar o estudo e aprofundar a temática, reconhecendo importância na área da papiloscopia (Silva et al., 2023; Hegde; Pathak,

2023; Su, 2016; Su et al., 2020). Assim, contextualiza-se a evolução e os fundamentos da papiloscopia e suas bases químicas em aplicações (Maia, 2012; Oliveira, 2006; Silva et al., 2023) com uso de integral como auxílio de mostrar a importância da aplicação para resoluções de problemas como, a identificação criminal; impressões digitais latentes em uma superfície metálica e impressão digital latente em um vidro com aplicação do cálculo integral (Maia, 2012; Oliveira, 2006; Silva et al., 2023).

Portanto, percebe-se a importância de estudos teóricos corroborar para análise posterior com intuito de examinar os principais reagentes e técnicas que podem ser aplicadas às diferentes superfícies; Apresentar inovações, como nanomateriais, DFO, e abordagens instrumentais que levam a confiabilidade da investigação e sua análise quando aplicadas (Vinugopal et al., 2023; Pounds et al., 1990; Hegde; Pathak, 2023) o que eleva a confiabilidade o que possibilita discutir a contribuição dos métodos químicos para a identificação e elucidação do crimina, utilizando os principais métodos para sua elucidação.

REFERENCIAL TEÓRICO

A QUÍMICA FORENSE E SUA UTILIDADE NA ÁREA DA JUSTIÇA

A química forense é um ramo da ciência que aplica os princípios, métodos e técnicas da química à resolução de questões legais. Atuando na interseção entre ciência e direito, essa disciplina tem como principal função analisar vestígios materiais em contextos investigativos e judiciais, buscando identificar substâncias, estabelecer relações causais e produzir evidências técnicas que possam ser utilizadas em processos criminais, civis, trabalhistas e ambientais (Bertolucci; Rangel, 2009). Sua atuação é essencial para a elucidação de crimes, responsabilização de autores, preservação de inocentes e promoção da justiça.

Entre as atribuições centrais da química forense está a identificação e quantificação de substâncias químicas envolvidas em crimes, como drogas ilícitas, venenos, resíduos de explosivos, tintas, combustíveis, cosméticos, bebidas adulteradas, metais pesados e contaminantes ambientais. Com base em análises laboratoriais

realizadas por meio de técnicas como cromatografia, espectrometria de massa, espectroscopia infravermelha e química analítica clássica, o perito químico é capaz de apresentar laudos que sustentam decisões judiciais com base em dados objetivos e verificáveis (Mozzer et al., 2020).

A função da química forense vai além da simples detecção de substâncias. Ela contribui para reconstruir a dinâmica de um crime, como em casos de incêndio (determinação do uso de acelerantes), envenenamento (identificação de toxinas no corpo da vítima), fraudes econômicas (falsificação de medicamentos ou alimentos), ou ainda delitos ambientais (análise da qualidade da água e do solo). Nessas situações, o laudo químico assume valor jurídico, sendo considerado prova pericial nos autos do processo (Almeida et al., 2017).

Outra vertente importante da química forense é sua interface com a criminalística clássica, especialmente na análise de vestígios como manchas, resíduos, fragmentos ou traços microscópicos. A identificação de resíduos de pólvora nas mãos de um suspeito, por exemplo, pode ser feita por testes químicos específicos, contribuindo diretamente para confirmar ou refutar uma versão dos fatos. Do mesmo modo, a análise de tintas, fibras, tinturas de cabelo ou resíduos cosméticos pode estabelecer vínculos entre suspeitos, vítimas e objetos encontrados na cena de crime (Jesus; Cavalcante, 2014).

A utilidade da química forense se estende também à identificação humana, por meio de técnicas que incluem o exame de DNA (bioquímica molecular), a análise de impressões digitais (reagentes reveladores), e até o estudo de componentes metabólicos e farmacológicos presentes no organismo de vítimas ou acusados. Além disso, essa área colabora com a medicina legal, no esclarecimento de causas da morte, presença de substâncias psicoativas ou efeitos de substâncias químicas no corpo humano (Cunha; Oliveira, 2021).

Para a justiça, a química forense representa um instrumento de racionalidade, precisão e imparcialidade, fundamentais para um julgamento justo. O trabalho do perito químico, ao ser submetido a padrões metodológicos rigorosos, contribui para a formação do convencimento do juiz e para a validação de provas técnicas, sobretudo em casos nos quais a prova testemunhal é insuficiente ou ausente. Sua atuação é regulada por normas

técnicas (como as da ABNT) e por dispositivos legais que garantem a confiabilidade do material analisado e a integridade do processo pericial.

No Brasil, a química forense está presente em instituições como os Institutos de Criminalística, os Institutos de Identificação e os laboratórios da Polícia Federal e das Polícias Científicas estaduais, sendo considerada uma das mais importantes áreas da perícia oficial. A Lei nº 12.030/2009 reconhece oficialmente a profissão de perito oficial de natureza criminal, reforçando a relevância da química no conjunto das ciências forenses.

Dessa forma, a contribuição da química forense à justiça é incontornável e cada vez mais valorizada. Por meio de suas análises precisas, ela transforma traços invisíveis em provas concretas, assegurando que a verdade dos fatos seja tecnicamente apurada e que a justiça se fundamente em evidências científicas robustas. Em tempos em que se exige maior transparência, rigor e celeridade nos julgamentos, o papel da química forense reafirma-se como um dos pilares da investigação moderna e do devido processo legal. A seguir o quadro 1 mostra como alguns autores contribuem para o avanço na química forense com aplicações específicas.

Quadro 1: Objetivo/Contribuição e Aplicação na Química Forense.

AUTOR(ES)	OBJETIVO/CONTRIBUIÇÃO	APLICAÇÃO NA QUÍMICA FORENSE
Bertolucci & Rangel	Definem a Química Forense como ferramenta científica para auxiliar a justiça.	Produção de provas e análise de vestígios em processos judiciais.
Mozzer et al. (2020)	Destacam o uso de técnicas analíticas para identificar substâncias químicas.	Deteção de drogas, venenos, explosivos e contaminantes.
Almeida et al. (2017)	Evidenciam a reconstrução de eventos criminosos por meio da análise química.	Investigação de incêndios, envenenamentos, fraudes e crimes ambientais.
Jesus & Cavalcante (2014)	Ressaltam a análise de vestígios materiais na criminalística.	Identificação de resíduos de pólvora, tintas, fibras e cosméticos.
Cunha & Oliveira (2021)	Enfatizam a identificação humana e o apoio à medicina legal.	Exames de DNA, toxicologia e determinação de causas de morte.
Lei nº 12.030/2009	Reconhece a atuação do perito criminal oficial.	Fortalecimento da perícia científica como suporte à justiça.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O quadro 1 mostra a importância da Química Forense que utiliza de métodos científicos para analisar vestígios, identificar substâncias e produzir evidências técnicas que auxiliam a investigação criminal e a tomada de decisões judiciais.

A PAPILOSCOPIA: CAMPO DE APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA EM DIFERENTES ESTUDOS

A papiloscopia é o ramo da criminalística dedicado ao estudo das papilas dérmicas estruturas epidérmicas que formam desenhos únicos nas impressões digitais e é reconhecida como um dos métodos mais seguros e confiáveis para identificação humana (de Souza; Oliveira Neto, 2021; Wagacki et al., 2007). Desde sua consolidação por Herschel (1858) e Faulds (1880), esse campo expandiu-se amplamente, abrangendo aplicações que vão da investigação criminal à biometria civil (Herschel, 1858; Faulds, 1880; Wagacki et al., 2007).

No âmbito criminal, as impressões digitais são evidências essenciais em cenas de crime: armas, vidro, superfícies metálicas e papéis podem conter digitais latentes que, após reveladas com reagentes como ninhidrina, cianoacrilato e DFO, possibilitam a comparação e identificação por meio de bancos de dados automatizados (AFIS) (Silva et al., 2023; Cunha & Trapecar, 2023; Wagacki et al., 2007). Em especial, Silva et al. (2023) demonstram que a sequência de aplicação de reagentes maximiza a visualização das cristas mesmo em superfícies degradadas.

A papiloscopia também desempenha papel vital na identificação civil e no controle de acesso: utiliza-se como biometria em documentos oficiais, sistemas bancários e dispositivos eletrônicos, sendo valorizada por sua unicidade e imutabilidade (Forensic Science Simplified, 2013; Aware Inc., 2022). Paralelamente, em medicina legal, é imprescindível para identificar vítimas em estados avançados de decomposição ou carbonização reintegrando corpos a seus familiares por meio de técnicas de reidratação e restabelecimento de papilas digitais após a morte (Interpol, 2025).

Além disso, a papiloscopia vem se beneficiando de avanços em química forense. A aplicação de nanomateriais e tinturas fluorescentes permite identificar digitais com

precisão, até em superfícies porosas ou hidrofóbicas por meio da intensidade de onda monocromática (Trapeçar; Balazic, 2007; Peixoto; Ramos, 2010). Wagacki et al. (2007) explicam como reagentes químicos interagem com componentes da pele, melhorando significativamente a qualidade das imagens reveladas. Estudos recentes também abordam o envelhecimento das impressões digitais (cf. Wagacki et al., 2007) e a obtenção de vestígios de substâncias exógenas (drogas, explosivos) por meio de espectrometria acoplada a análise química (Cunha; Trapeçar, 2023; Wagacki et al., 2007).

A relevância acadêmica da papiloscopia é confirmada por revisões bibliométricas nacionais, como a de Souza & Oliveira Neto (2021), que aponta um crescimento expressivo na produção científica brasileira de 2010 a 2019, sobretudo em técnicas de extração, revelação, comparação e bases automatizadas. Eles destacam que a pesquisa papiloscópica tem sido aprimorada por aportes em instrumentação química, como fluorescência e nanomateriais².

Estudos sobre fatores humanos (National Institute of Justice, 2012) e sistemas automatizados (AFIS via INTERPOL, 2025) ressaltam a necessidade de padronização técnica e de redução de vieses durante a análise, garantindo a confiabilidade e a aceitabilidade jurídica das evidências papiloscópicas com grande relevância nos resultados e interpretações. O quadro 2 a seguir, mostra

Quadro 2: Contribuições e aplicação da papiloscopia sobre impressão digital.

AUTOR(ES)	CONTRIBUIÇÃO/OBJETIVO	APLICAÇÃO NA PAPILOSCOPIA
de Souza & Oliveira Neto (2021)	Evidenciam a importância da papiloscopia para a identificação humana e o crescimento das pesquisas na área.	Desenvolvimento de técnicas de extração, comparação e automação de impressões digitais.
Wagacki et al. (2007)	Explicam os fundamentos da papiloscopia e a ação dos reagentes químicos sobre os vestígios.	Revelação de impressões digitais e aprimoramento da análise pericial.
Herschel (1858)	Introduziu o uso das impressões digitais para identificação individual.	Base dos sistemas modernos de identificação humana.
Faulds (1880)	Defendeu o emprego científico das impressões digitais em investigações.	Utilização das digitais como prova em investigações criminais.
Silva et al. (2023)	Demonstram que a combinação adequada de reagentes melhora a visualização de digitais latentes.	Recuperação de vestígios em superfícies degradadas.

Cunha & Trapecar (2023)	Integram técnicas químicas avançadas à análise papiloscópica.	Identificação de drogas, explosivos e outros resíduos presentes nas impressões.
Forensic Science Simplified (2013)	Destaca a unicidade e permanência das impressões digitais.	Identificação civil e criminal por biometria.
Aware Inc. (2022)	Apresenta a aplicação da biometria digital em sistemas tecnológicos.	Controle de acesso e autenticação de usuários.
INTERPOL (2025)	Ressalta a utilização das impressões digitais na identificação humana e em bancos de dados globais.	Identificação de vítimas e cooperação internacional em investigações.
Trapecar & Balazic (2007)	Descrevem avanços em materiais para revelação de vestígios digitais.	Melhoria da detecção em diferentes tipos de superfícies.
Peixoto & Ramos (2010)	Investigam o uso de fluorescência e nanomateriais na revelação de digitais.	Aumento da precisão e sensibilidade na detecção de impressões.
National Institute of Justice (2012)	Destaca a necessidade de padronização e redução de vieses na análise pericial.	Maior confiabilidade e validade jurídica das evidências papiloscópicas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em síntese, a papiloscopia reafirma sua importância multifacetada: atua como ferramenta essencial na investigação criminal, identificação civil, medicina legal e segurança biométrica. O seu avanço contínuo, impulsionado pela integração com métodos físico-químicos e instrumentais, fortalece sua eficácia, precisão e relevância probatória na perícia moderna.

PROBLEMA 1: IDENTIFICAÇÃO CRIMINAL

Em um estudo de papiloscopia aplicado à identificação criminal e a pesquisas populacionais, um laboratório avalia a qualidade de uma impressão digital ao longo do seu comprimento, para entender em quais regiões as cristas papilares são mais úteis para comparação. Considere que, ao longo do eixo x (em milímetros), de $x = 0$ a $x = 20$, a função de qualidade local da impressão digital é dada por:

$$Q(x) = 40 + 3x - 0,2x^2$$

Onde: $Q(x)$ está em unidades de qualidade (quanto maior, melhor para identificação), x é a posição ao longo da impressão (em mm). Essa função pode representar, por exemplo, o resultado de um algoritmo que combina contraste, nitidez das cristas e presença de minúcias, usado em estudos de desempenho de sistemas de

identificação automática (AFIS). Assim sendo, calcule, a) A derivada $Q'(x)$ e interprete seu significado físico na papiloscopia. b) Determine a posição x em que a qualidade da impressão é máxima. c) A qualidade total da impressão ao longo dos 20 mm. d) A qualidade média da impressão nesse intervalo.

Resolução:

a) Derivada da função de qualidade

De acordo com o enunciado, tem-se que,

$$Q(x) = 40 + 3x - 0,2x^2$$

Realizando a derivada. Isto é,

$$\begin{aligned} Q'(x) &= \frac{d}{dx}(40) + \frac{d}{dx}(3x) - \frac{d}{dx}(0,2x^2) \Rightarrow Q'(x) = 0 + 3 - 0,4x \Rightarrow Q'(x) \\ &= 3 - 0,4x \end{aligned}$$

Assim sendo, verifica-se que $Q'(x)$ indica a taxa de variação da qualidade ao longo da impressão. Quando $Q'(x) > 0$, a qualidade aumenta com x e quando $Q'(x) < 0$, a qualidade diminui com x . Isso ajuda a identificar regiões mais úteis para estudos e comparações papiloscópicas.

b) Posição de máxima qualidade

A qualidade é máxima quando a derivada se anula. Ou seja,

$$Q'(x) = 0 \Rightarrow 3 - 0,4x = 0 \Rightarrow 0,4x = 3 \Rightarrow x = \frac{3}{0,4} = 7,5 \Rightarrow 7,5 \text{ mm}$$

Para confirmar que é máximo, observamos que a função é quadrática com coeficiente negativo em $x^2(-0,2)$, logo é uma parábola voltada para baixo $\rightarrow$ ponto crítico é máximo.

Calculando $Q(7,5)$. Isto é,

$$Q(7,5) = 40 + 3(7,5) - 0,2(7,5)^2$$

$$Q(7,5) = 40 + 22,5 - 0,2 \cdot 56,25 = 62,5 - 11,25 = 51,25$$

Máxima qualidade:

- Posição: $x = 7,5$ mm
- Valor máximo: $Q_{\max} = 51,25$ unidades

c) Qualidade total (integral)

A qualidade total ao longo da impressão é:

$$Q_{\text{total}} = \int_0^{20} Q(x) dx = \int_0^{20} (40 + 3x - 0,2x^2) dx$$

Integrando, tem-se que,

$$Q_{\text{total}} = \left[40x + \frac{3}{2}x^2 - \frac{0,2}{3}x^3 \right]_0^{20}$$

Utilizando o teorema fundamental do cálculo, obtém-se que,

Então:

$$Q_{\text{total}} = 800 + 600 - 533,33 \approx 866,67$$

Em $x = 0$, todos os termos são zero, então:

$$Q_{\text{total}} \approx 866,67 \text{ unidades de qualidade}$$

d) Qualidade média da impressão

A qualidade média $\bar{Q}$ no intervalo $[0, 20]$ é:

$$\bar{Q} = \frac{1}{20 - 0} \int_0^{20} Q(x) dx = \frac{Q_{\text{total}}}{20}$$

$$\bar{Q} = \frac{866,67}{20} \approx 43,33$$

A qualidade média da impressão é de cerca de 43,33 unidades, com um pico em torno de 51,25 unidades na região de 7,5 mm.

IDENTIFICAÇÃO DAS IMPRESSÕES DIGITAIS: TÉCNICAS UTILIZADAS E CRITÉRIOS DE APLICADOS NA QUÍMICA FORENSE

A identificação por impressões digitais é uma das técnicas mais antigas e confiáveis no campo da perícia criminal, sendo amplamente empregada em processos investigativos e judiciais ao redor do mundo. Baseada no estudo das cristas papilares consideradas como estruturas formadas na derme da pele das polpas digitais, palmas das mãos e plantas dos pés, essa técnica permite a individualização de um sujeito com elevado grau de certeza.

Na química forense, os procedimentos voltados à revelação e análise dessas impressões evoluíram com o desenvolvimento de métodos físico-químicos que garantem maior sensibilidade, eficácia e aplicabilidade em diferentes superfícies e condições ambientais. No quadro 3, verifica-se os principais reagentes e técnicas que podem ser aplicadas na área da química forense.

Quadro 3: Métodos de Revelação de Impressões Latentes.

REAGENTE/TÉCNICA	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	SUPERFÍCIE INDICADA	VANTAGENS
Ninhidrina	Reage com aminoácidos do suor formando o Roxo de Ruhemann	Papel e materiais celulósicos	Alta eficiência em superfícies porosas
DFO	Reage com aminoácidos produzindo fluorescência sob luz forense	Papel e materiais porosos	Maior sensibilidade que a ninhidrina
Cianoacrilato	Vapores aderem aos resíduos gordurosos da digital e polimerizam	Vidro, plástico, metal e outras superfícies não porosas	Revelação estável e duradoura
Pós Reveladores	Aderem às substâncias gordurosas presentes nas cristas papilares	Vidro, superfícies esmaltadas e lisas	Aplicação rápida em locais de crime
Nitreto de prata e nitrato de molibdênio	Reagem com resíduos presentes na impressão	Materiais metálicos e superfícies degradadas	Eficiência em impressões antigas ou deterioradas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O quadro 3 mostra que as impressões digitais são classificadas em três tipos principais a saber, visíveis, molhadas e latentes. As impressões visíveis resultam do

contato com substâncias como sangue, graxa ou tinta. As impressões molhadas ocorrem em superfícies úmidas ou quando os dedos estão molhados. As latentes são aquelas invisíveis a olho nu, formadas pela secreção natural da pele (suor, oleosidade) e que necessitam de revelação para serem analisadas sendo as mais comuns em investigações forenses (Wagacki et al., 2007; Silva et al., 2023).

A individualização de uma impressão digital se fundamenta em três princípios papiloscópicos essenciais que correspondem a permanência, imutabilidade e variabilidade. A permanência refere-se ao fato de que as cristas papilares, uma vez formadas durante a gestação (entre a 10ª e 24ª semana), permanecem inalteradas durante toda a vida do indivíduo. A imutabilidade garante que essas estruturas não mudam naturalmente, exceto em casos de lesões profundas.

Para o caso da variabilidade, mostra que não existe duas impressões digitais idênticas, nem mesmo entre gêmeos monozigóticos, o que confere à papiloscopia valor científico e probatório seguro. Ou seja, todo ser humano tem uma impressão digital peculiar (Maia et al., 2012; de Souza; Oliveira Neto, 2021).

A escolha do método de revelação depende do tipo de superfície, da natureza da impressão (recente ou antiga), da exposição ao ambiente e da necessidade de preservação da evidência. Segundo Silva et al. (2023), a combinação ordenada de reagentes como por exemplo, o uso sucessivo de DFO, ninhidrina e vapores de cianoacrilato, aumenta significativamente a taxa de recuperação de impressões utilizáveis, mesmo após exposição prolongada à luz, calor ou umidade.

Para que uma impressão digital seja positivamente identificada, ela deve ser analisada por meio de critérios técnicos estabelecidos, como se verifica no quadro 4.

Quadro 4: Critérios para Indentação Positiva de Impressões Digitais.

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	IMPORTÂNCIA
Pontos característicos (mi)	Detalhes das cristas papilares, como bifurcações, ilhotas, terminações, desvios, pontos e ganchos.	Permite comparar a impressão questionada com a impressão de referência.
Correspondência espacial	Verifica se as minúcias coincidentes mantêm a posição relativa entre si.	Garante que a semelhança não seja apenas casual.

Número mínimo de minúcias coincidentes	No Brasil, exige-se a coincidência de pelo menos 12 pontos característicos para validação legal da identificação.	Fornecer segurança técnica e jurídica ao processo de identificação.
Ausência de discordâncias	Não podem existir diferenças substanciais entre as impressões comparadas.	Qualquer incompatibilidade relevante invalida a identificação.

Fonte: Elaborada pelos autores

O Quadro 4 apresenta os principais critérios utilizados para a identificação positiva de impressões digitais. A análise baseia-se na comparação de pontos característicos das cristas papilares, verificando sua quantidade, posição relativa e compatibilidade entre as impressões comparadas. A correspondência de, no mínimo, 12 minúcias coincidentes, associada à ausência de divergências significativas, garante a confiabilidade técnica e jurídica da identificação. Esses critérios tornam a papiloscopia um dos métodos mais seguros e aceitos para a identificação humana no âmbito pericial e judicial.

O outro quadro (quadro 5) mostra alguns importantes aspectos ligados à papiloscopia, a saber, a digitalização, classificação, comparação, armazenamento e aplicação. Essas funções são importantes para corroborar no tipo de impressão digital pode ser utilizada, pois cada uma possui uma função peculiar.

Quadro 5: Sistema AFIS (Automated Fingerprint Identification System).

Aspecto	Função
Digitalização	Converte impressões digitais em formato eletrônico.
Classificação	Organiza as impressões conforme padrões dermatoglíficos.
Comparação	Realiza buscas automáticas e compara impressões digitais.
Armazenamento	Mantém grandes bancos de dados de impressões digitais.
Aplicação	Utilizado por órgãos policiais e periciais para identificação de pessoas, pesquisa de antecedentes e combate à fraude documental.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O Quadro 5 apresenta o funcionamento do sistema AFIS (Sistema Automatizado de Identificação Datiloscópica), uma tecnologia que digitaliza, classifica, compara e armazena impressões digitais em bancos de dados eletrônicos. Esse sistema permite a identificação rápida e precisa de indivíduos por meio de buscas automatizadas. Amplamente utilizado por órgãos policiais e periciais, o AFIS auxilia na identificação de

suspeitos, localização de antecedentes criminais e prevenção de fraudes documentais, tornando as investigações mais ágeis e confiáveis.

Com o advento de técnicas modernas, a papiloscopia tem integrado métodos instrumentais da química analítica, como espectroscopia Raman, fluorescência, infravermelho e espectrometria de massa. Essas abordagens não apenas revelam a impressão, como também fornecem informações sobre substâncias presentes na secreção (caféina, nicotina, entorpecentes), auxiliando na caracterização comportamental ou toxicológica do indivíduo. Segundo Su et al. (2021), tais avanços ampliam a função da impressão digital de mero identificador para fonte multidimensional de dados forenses. A aplicação desses métodos revela a forte ligação entre a química forense e a papiloscopia: a primeira fornece as bases reativas e tecnológicas para a revelação e análise.

PROBLEMA 2: IMPRESSÕES DIGITAIS LATENTES EM UMA SUPERFÍCIE METÁLICA

Um perito precisa desenvolver impressões digitais latentes em uma superfície metálica de comprimento $L = 20$ mm usando um reagente químico específico (por exemplo, ninidrina ou pó revelador). Sabe-se que: Densidade de cristas da impressão digital ao longo do comprimento (em mm) varia com a posição x e é dada por:

$$\rho(x) = 20 + 5x \text{ (cristas por mm)}$$

Cada crista necessita de, em média, $m_0 = 0,02$ mg de reagente para ser adequadamente revelada e o reagente é aplicado de forma homogênea ao longo do comprimento da impressão. Dessa forma, determine: a) Escreva uma expressão para a massa de reagente por unidade de comprimento, $m(x)$, em função de x ; b) Use integração para calcular a massa total de reagente necessária para revelar toda a impressão digital ao longo dos 20 mm.

Resolução:

a) Massa de reagente por unidade de comprimento

A densidade de cristas é $\rho(x)$ (cristas/mm) e cada crista consome m_0 mg. Logo, a massa de reagente por unidade de comprimento (mg/mm) obedece a expressão,

$$m(x) = m_0 \cdot \rho(x)$$

Substituindo os valores dados de acordo com o enunciado. Isto é,

$$m(x) = 0,02 \cdot (20 + 5x) \Rightarrow m(x) = 0,02(20 + 5x) \text{ mg/mm}$$

b) Massa total de reagente

A massa total M é a integral da massa por unidade de comprimento ao longo de todo o comprimento da impressão e é dado pela integral,

$$M = \int_0^{20} m(x) dx$$

Substituindo $m(x)$ pela expressão anterior e levando a integral, vem que,

$$M = \int_0^{20} 0,02 (20 + 5x) dx \Rightarrow M = 0,02 \int_0^{20} (20 + 5x) dx$$

Integrando termo a termo, vem que,

$$\int (20 + 5x) dx = \int (20dx + 5x) dx = 20x + \frac{5}{2}x^2$$

Aplicando os limites de 0 a 20 de acordo com o teorema fundamental do cálculo, obtém-se que,

$$\int_0^{20} (20 + 5x) dx = \left[20x + \frac{5}{2}x^2 \right]_0^{20} = 1400 - 0 = 1.400$$

Logo:

$$\int_0^{20} (20 + 5x) dx = 1400$$

Considerando M , vem que,

$$M = 0,02 \cdot 1400 = 28$$

Massa total de reagente necessária é de $M = 28$ mg

Isso significa que, considerando a variação da densidade de cristas ao longo da impressão digital, o perito precisa de aproximadamente 28 mg de reagente para garantir uma revelação adequada em toda a extensão de 20 mm.

USO DE MÉTODOS NA QUÍMICA FORENSE APLICADOS À IDENTIFICAÇÃO E SUA LIGAÇÃO COM A PAPILOSCOPIA

A química forense exerce papel fundamental no aperfeiçoamento das técnicas de identificação humana, especialmente no campo da papiloscopia, ciência que estuda as cristas papilares com o objetivo de individualizar pessoas por meio das impressões digitais. A combinação entre os fundamentos biológicos da papiloscopia e os métodos físico-químicos da química forense tem possibilitado a revelação, conservação e análise de impressões digitais mesmo em condições ambientais adversas ou em superfícies de difícil tratamento.

A principal contribuição da química forense à papiloscopia reside na revelação das impressões latentes aquelas que não são visíveis a olho nu. Como essas impressões são compostas por resíduos naturais da pele (suor, óleos, aminoácidos), é possível aplicar reagentes químicos que interajam com esses componentes para tornar visíveis as marcas deixadas pelo contato digital. Tais técnicas são classificadas de acordo com o tipo de superfície em que a impressão se encontra (porosa ou não porosa) e o estado de conservação da evidência (Wagacki et al., 2007).

Entre os métodos mais utilizados, destaca-se a ninhidrina, reagente que reage com os aminoácidos presentes no suor, formando um composto púrpura conhecido como "roxo de Ruhemann". Esse método é altamente eficaz em superfícies porosas, como papel e madeira (Ramotowski, 2012). Em continuidade, o DFO (1,8-diaza-9-fluorenona) também reage com aminoácidos, mas possui a vantagem de emitir fluorescência sob luz forense,

o que aumenta significativamente a sensibilidade e detalhamento das impressões, especialmente em documentos (Cunha; Trapecar, 2020).

Para superfícies não porosas, como vidro, metal e plástico, o método mais comum é a fumaça de cianoacrilato. Nesse procedimento, os vapores do composto aderem aos resíduos de gordura deixados pela impressão e se polimerizam, formando uma camada esbranquiçada que revela os detalhes das cristas papilares. Após essa etapa, é comum o uso de corantes fluorescentes, como rodamina B, que ampliam o contraste e a visibilidade sob iluminação específica (Hazarika; Russell, 2012).

Outro método relevante é o uso de pós reveladores, aplicados com pincéis de fibra ou magnéticos. Esses pós aderem seletivamente às substâncias oleosas da impressão digital, permitindo sua visualização em superfícies lisas e claras. Em investigações mais avançadas, também se empregam reagentes metálicos (nitrato de prata, molibdato de amônio), particularmente úteis em impressões antigas ou danificadas por calor ou umidade (de Souza; Oliveira Neto, 2021).

A química forense, por meio da instrumentação analítica, também contribui para a análise qualitativa dos compostos presentes nas impressões. Técnicas como a espectroscopia Raman, fluorescência UV-Vis e espectrometria de massa permitem não apenas a revelação, mas também a caracterização de substâncias exógenas, como drogas, explosivos, resíduos metálicos ou contaminantes químicos presentes junto à impressão digital. Com isso, a impressão torna-se não apenas um marcador biométrico, mas também uma fonte rica de dados sobre o comportamento ou o contexto do indivíduo.

A interligação entre química forense e papiloscopia se mostra, portanto, estratégica e indispensável. De um lado, a papiloscopia fornece a base morfológica para a identificação individual; de outro, a química forense disponibiliza os meios para tornar essa base visível e analisável, mesmo em condições degradadas. Como resultado, a união desses campos possibilita a elucidação de crimes, a identificação de vítimas, o reconhecimento de suspeitos e a produção de provas juridicamente válidas com alto grau de confiabilidade.

Com o avanço das pesquisas, novos compostos químicos e técnicas não destrutivas vêm sendo incorporados aos protocolos de revelação, como o uso de

nanopartículas, corantes fluorescentes de alta intensidade e substratos reagentes adaptados a diferentes materiais. Esses aprimoramentos fortalecem ainda mais a ligação entre a química e a papiloscopia, consolidando essa parceria como um dos pilares centrais da criminalística moderna.

A identificação por meio das impressões digitais é uma das técnicas mais seguras e amplamente aceitas na área da criminalística, utilizada para individualizar pessoas a partir dos padrões das cristas papilares localizadas nas polpas dos dedos. Cada dedo da mão possui uma função motora e anatômica específica, sendo também classificado de forma padronizada nos estudos da papiloscopia. A impressão digital de cada dedo possui um desenho único, inalterável ao longo da vida e impossível de ser reproduzido em outro indivíduo, mesmo entre gêmeos idênticos (Maia et al., 2012; Ramotowski, 2012). A mão humana é composta por cinco dedos, nomeados a partir do lado radial (lado do polegar) para o ulnar (lado do dedo mínimo). São eles: Polegar (digit I), Indicador (digit II), Médio (digit III), Anelar (digit IV), Mínimo (digit V).

Cada dedo tem uma função biomecânica essencial. O polegar é o principal responsável pela preensão e oposição, sendo o único capaz de tocar os outros quatro dedos. O indicador é altamente sensível e costuma ser usado para apontar ou executar movimentos de precisão. O médio, o mais longo, auxilia na força de apreensão. O anelar complementa a força manual, e o mínimo, embora menor, contribui para o equilíbrio e firmeza da pega manual (Soares et al., 2017).

Durante a vida fetal, entre a 10ª e a 24ª semana de gestação, ocorrem os processos de formação da epiderme e do tecido subjacente, responsáveis pelo surgimento das cristas papilares. Esses sulcos e saliências se desenvolvem sob influência de fatores genéticos e ambientais intrauterinos, como pressão amniótica, movimentação fetal e crescimento diferencial da pele. Por essa razão, mesmo gêmeos univitelinos não compartilham impressões digitais idênticas (de Souza; Oliveira Neto, 2021; Ashbaugh, 1999).

As impressões digitais são formadas nas polpas dos dedos (figura 1) e podem ser observadas em três formas de apresentação: visíveis, molhadas e latentes. As mais relevantes para a perícia criminal são as latentes, geralmente invisíveis a olho nu e reveladas por métodos químicos e físicos (Wagacki et al., 2007). O padrão das cristas

papilares é classificado em três tipos principais: arco, presilha e verticilo (Henry, 1900). Esses padrões, embora compartilhem certas semelhanças estruturais, variam em posicionamento, número de deltas, núcleos e direção das cristas, sendo únicos a cada dedo de cada indivíduo.

Na prática papiloscópica, os dedos são identificados e organizados em fichas decadactilares, onde se realizam as impressões de todos os dez dedos. Para facilitar a catalogação e análise, cada dedo recebe uma numeração específica: 1 — Polegar direito, 2 — Indicador direito, 3 — Médio direito, 4 — Anelar direito; 5 — Mínimo direito; 6 — Polegar esquerdo; 7 — Indicador esquerdo, 8 — Médio esquerdo, 9 — Anelar esquerdo. 10 — Mínimo esquerdo

Essa classificação é adotada em sistemas de identificação civil e criminal, como o AFIS (Sistema Automatizado de Identificação Datiloscópica), amplamente utilizado no Brasil e em diversos países (Interpol, 2025). Segundo Ramotowski (2012), essa organização permite a rápida indexação e busca de digitais em bancos de dados periciais. Cada dedo apresenta também uma tendência estatística quanto ao tipo de padrão predominante. Estudos indicam que presilhas são mais comuns nos dedos indicadores e médios, enquanto verticilos tendem a ocorrer mais frequentemente nos polegares e anelares. Os arcos, por sua vez, são mais raros e aparecem com maior frequência nos dedos mínimos (Bastos et al., 2019).

A utilização dos dedos como forma de identificação extrapola o campo penal, sendo empregada também em áreas como controle de acesso, autenticação biométrica, emissão de documentos, identificação de cadáveres e exames de auditoria. A confiabilidade do método está ligada à sua unicidade (não há repetições), permanência (não se alteram com o tempo) e classificabilidade (possibilidade de organizar em sistemas) (Ashbaugh, 1999; Maia et al., 2012).

A papiloscopia, ao utilizar os dedos da mão como fonte primária de identificação, estabelece uma relação direta entre a anatomia humana e a ciência forense. A observação e análise das minúcias — como bifurcações, ilhotas e terminações das cristas — em cada dedo garantem a individualização, mesmo em impressões parciais, borradas ou fragmentadas. O perito papiloscopista é treinado para comparar as características de uma

impressão questionada com a de um suspeito ou cadáver, verificando coincidências em ao menos 12 pontos característicos para confirmar uma correspondência (Wagacki et al., 2007).

Assim, a análise dos dedos da mão como instrumento de identificação digital é uma das ferramentas mais robustas e amplamente reconhecidas na justiça, sendo respaldada por mais de um século de estudos, experimentações e validação empírica. O uso sistemático das impressões digitais dos dedos continua sendo um dos pilares da investigação criminal moderna, da identificação civil e da segurança institucional em todo o mundo.

PROBLEMA 3: IMPRESSÃO DIGITAL LATENTE EM UM VIDRO

Um perito utiliza um reagente fluorescente após fumigação com cianoacrilato para revelar uma impressão digital latente em um vidro. longo do comprimento da impressão (no eixo x), de 0 a 20 mm, a densidade de cristas papilares varia devido à pressão irregular do dedo, sendo dada por que corresponde a cristas por mm.

$$\rho(x) = 15 + 0,5x$$

Cada crista, após reagir com o cianoacrilato e o corante fluorescente, gera em média uma intensidade de fluorescência de $i_0 = 0,8$ que representa a unidade de intensidade por crista. A intensidade total por unidade de comprimento é dada por:

$$I(x) = i_0 \cdot \rho(x)$$

Para que a impressão seja considerada adequadamente revelada para fins de identificação papiloscópica, o sistema de captura exige uma intensidade total mínima é de $I_{\min} = 200$, com base nesse enunciado, a) Escreva a expressão de $I(x)$ em função de x . b) Calcule, usando integração, a intensidade total I_{total} ao longo dos 20 mm. c) Verifique se a impressão digital atende ao critério mínimo de intensidade para ser utilizada na individualização papiloscópica.

a) Expressão da intensidade por unidade de comprimento

Sendo,

$$I(x) = i_0 \cdot \rho(x)$$

Substituindo os valores do enunciado, tem-se que,

$$I(x) = 0,8 \cdot (15 + 0,5x)$$

Logo:

$$I(x) = 0,8(15 + 0,5x)$$

b) Cálculo da intensidade total

A intensidade total ao longo da impressão é dada por pela expressão integral,

$$I_{\text{total}} = \int_0^{20} I(x) dx$$

Substituindo $I(x)$, tem-se que,

$$I_{\text{total}} = \int_0^{20} 0,8 (15 + 0,5x) dx \Rightarrow I_{\text{total}} = 0,8 \int_0^{20} (15 + 0,5x) dx$$

Integrando,

$$\int (15 + 0,5x) dx = 15x + \frac{0,5}{2} x^2 = 15x + 0,25x^2$$

Aplicando o princípio fundamental do cálculo nos limites de 0 a 20, vem que,

$$\int_0^{20} (15 + 0,5x) dx = [15x + 0,25x^2]_0^{20} \Rightarrow \int_0^{20} (15 + 0,5x) dx = 400$$

Voltando para I_{total} , tem-se,

$$I_{\text{total}} = 0,8 \cdot 400 = 320$$

Portanto, $I_{\text{total}} = 320$ em unidade de intensidade.

c) Verificação do critério de identificação

O critério mínimo é dado de acordo com o enunciado, $I_{\text{min}} = 200$

Comparando com o resultado dado, verifica-se que,

$$I_{\text{total}} = 320 > 200$$

O que significa que a impressão digital revelada com o reagente fluorescente atinge e supera o limite mínimo de intensidade exigido, podendo ser utilizada com

segurança na análise papiloscópica (individualização por minúcias), pois o sinal químico gerado é suficiente para que as cristas papilares sejam capturadas e comparadas.

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, exploratória, descritiva e bibliográfica, tendo como foco o estudo da papiloscopia aplicada à identificação de impressões digitais com o auxílio de métodos da química forense e com uso do cálculo integral aplicado a problemas de investigação. O trabalho foi desenvolvido a partir da análise de publicações científicas, livros, artigos especializados, documentos técnicos e legislações relacionadas à identificação humana por meio das impressões digitais e aos procedimentos químicos utilizados na revelação de vestígios papilares.

O levantamento bibliográfico foi realizado em bases de dados científicas nacionais e internacionais, como Google Acadêmico, SciELO, Periódicos CAPES e ScienceDirect, priorizando publicações que abordassem técnicas de revelação de impressões digitais, sistemas de identificação biométrica e aplicações da química forense no contexto criminal.

Foram selecionadas obras clássicas e recentes que discutem os princípios da papiloscopia, os métodos químicos empregados na revelação de impressões latentes, os sistemas automatizados de identificação datiloscópica e os avanços tecnológicos relacionados à área forense.

Além da revisão bibliográfica, foram analisados dois problemas teóricos contextualizados com a prática pericial. O primeiro abordou a avaliação da qualidade de uma impressão digital ao longo de sua extensão, utilizando conceitos de derivadas e integrais para determinar a região de melhor qualidade papilar e calcular a qualidade média da impressão.

O segundo e o terceiro problemas envolveram a aplicação de integrais definidas para estimar a quantidade de reagente necessária à revelação de impressões digitais em superfícies metálicas e a intensidade total de fluorescência obtida na revelação de impressões latentes em vidro. Essas aplicações matemáticas foram utilizadas como

instrumento de modelagem para demonstrar a importância dos cálculos quantitativos na análise forense.

A interpretação dos dados ocorreu de forma descritiva e analítica, relacionando os resultados encontrados na literatura com as situações-problema apresentadas. A análise concentrou-se na compreensão dos principais reagentes utilizados na revelação de impressões digitais, tais como ninhidrina, DFO, cianoacrilato e pós reveladores, bem como na relevância dos critérios técnicos empregados para validação da identificação papiloscópica.

Dessa forma, a metodologia permitiu integrar conhecimentos de química forense, papiloscopia e cálculo aplicado, demonstrando a contribuição dessas áreas para o fortalecimento dos processos de identificação humana e da produção de provas científicas no contexto da investigação criminal.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que a integração entre a papiloscopia e a química forense amplia significativamente a eficiência dos processos de identificação humana, especialmente na análise de impressões digitais latentes. A revisão bibliográfica demonstrou que a aplicação de reagentes químicos específicos, como ninhidrina, DFO e vapores de cianoacrilato, possibilita a revelação de impressões que não seriam identificadas por observação direta, aumentando a qualidade das evidências utilizadas em investigações criminais.

Os princípios fundamentais da papiloscopia, baseados na unicidade, permanência e imutabilidade das cristas papilares, continuam sendo os principais fatores que garantem a confiabilidade da identificação humana. A análise dos critérios utilizados para identificação positiva revelou que a coincidência de, no mínimo, doze pontos característicos, associada à ausência de divergências relevantes entre as impressões comparadas, constitui um importante mecanismo de segurança técnica e jurídica, reduzindo a possibilidade de erros periciais.

Outro resultado relevante refere-se à contribuição dos avanços tecnológicos para a identificação digital. O Sistema Automatizado de Identificação Datiloscópica (AFIS) demonstrou ser uma ferramenta fundamental para a comparação, armazenamento e recuperação rápida de impressões digitais em grandes bancos de dados, analisados do ponto de vista teórico. A utilização de sistemas automatizados reduz o tempo necessário para as análises, aumenta a precisão dos resultados e fortalece as atividades de investigação criminal, identificação civil e controle biométrico de grande importância e aplicação no campo da papiloscopia.

Os problemas teóricos abordados no estudo permitiram verificar a aplicação de conceitos matemáticos e física na área forense. No primeiro caso, observou-se que a qualidade da impressão digital varia ao longo de sua extensão, alcançando valor máximo em uma região específica da impressão. Esse resultado demonstra que determinadas áreas apresentam maior potencial para a observação de minúcias e comparação papiloscópica.

Nos demais problemas, os cálculos relacionados à quantidade de reagente necessária para revelação e à intensidade de fluorescência produzida em superfícies vítreas evidenciaram a importância da quantificação nos procedimentos periciais, permitindo otimizar recursos e garantir a qualidade da evidência revelada em que o uso de integrais, possibilitaram a determinação das grandezas relevantes no processo da análise teórica.

A discussão dos resultados também mostrou que a química forense ultrapassa a simples função de revelar impressões digitais. Técnicas instrumentais modernas, como espectroscopia Raman, fluorescência e espectrometria de massa, possibilitam identificar substâncias presentes nos resíduos deixados pelas impressões, incluindo drogas, explosivos e outros compostos químicos. Dessa forma, a impressão digital passa a fornecer não apenas informações biométricas para identificação do indivíduo, mas também dados relevantes sobre suas atividades e possíveis vínculos com o fato investigado.

Dessa maneira, os resultados confirmam que a associação entre papiloscopia, química forense e tecnologias de análise representa um dos pilares da criminalística moderna. A utilização integrada dessas ferramentas aumenta a confiabilidade das provas

periciais, contribui para a elucidação de crimes e fortalece a tomada de decisões no âmbito judicial. Considerando os desenvolvimentos de novos métodos que tornem os processos de identificação cada vez mais precisos, rápidos e seguros.

CONCLUSÃO

Ao longo do estudo, verificou-se que as impressões digitais permanecem como um dos métodos mais seguros, precisos e amplamente aceitos para a individualização de pessoas, devido aos seus princípios fundamentais de unicidade, permanência e imutabilidade. Esses atributos conferem elevada confiabilidade às análises papiloscópicas e justificam sua utilização em investigações criminais, processos judiciais, identificação civil e sistemas de segurança biométrica.

A revisão bibliográfica demonstrou que a química forense exerce papel decisivo na revelação e no aprimoramento da qualidade das impressões digitais latentes. Técnicas como a aplicação de ninhidrina, DFO, vapores de cianoacrilato, pós reveladores e reagentes metálicos possibilitam a visualização de vestígios que não podem ser observados a olho nu, permitindo a recuperação de evidências mesmo em superfícies degradadas ou submetidas a condições ambientais adversas.

O emprego de tecnologias instrumentais modernas, como espectroscopia Raman, fluorescência e espectrometria de massa, amplia significativamente as possibilidades de análise forense, fornecendo não apenas informações de identificação, mas também dados relevantes sobre substâncias presentes nos resíduos deixados pelas impressões digitais. Nesse sentido a modelagem computacional abre uma lacuna considerável a partir de obtenção de espectros de Raman, infravermelho e espectroscopia de massa para interpretação dos resultados.

Os problemas abordados ao longo do artigo permitiram demonstrar, de forma prática, a aplicação de modelos matemáticos na compreensão de fenômenos relacionados à papiloscopia. A utilização de conceitos de derivadas e integrais mostrou-se uma ferramenta importante para avaliar a qualidade das impressões digitais, estimar a quantidade de reagentes utilizada nos processos de revelação e verificar parâmetros

associados à intensidade de fluorescência necessária para a obtenção de vestígios adequados à identificação.

Outro aspecto relevante identificado no estudo refere-se ao uso de sistemas automatizados de identificação, como o Sistema Automatizado de Identificação Datiloscópica (AFIS), que possibilita a digitalização, classificação, armazenamento e comparação rápida de impressões digitais em grandes bancos de dados. A utilização dessas ferramentas tecnológicas reduz o tempo necessário para as investigações, aumenta a precisão dos resultados e fortalece a produção de provas técnicas confiáveis para subsidiar decisões judiciais.

Diante dos resultados analisados, verifica-se que a química forense e a papiloscopia possuem uma relação direta e complementar, sendo responsáveis por transformar vestígios aparentemente insignificantes em evidências científicas de elevado valor probatório. A evolução contínua dos reagentes químicos, dos equipamentos analíticos e dos sistemas informatizados tende a ampliar ainda mais a eficiência dos processos de identificação humana.

Portanto, torna-se fundamental o incentivo a novas pesquisas buscando cada vez mais aprimorar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e à capacitação constante dos profissionais da área pericial, visando o fortalecimento da investigação criminal e a promoção de uma justiça cada vez mais fundamentada em evidências científicas seguras, precisas e confiáveis, tendo como base central as formulações físicas e matemáticas presentes nas investigações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. M. de; DIAS, A. F.; MOURA, A. C. Forense: uma introdução à química legal. **Revista Eletrônica de Química**, v. 9, n. 2, p. 558–577, 2017.
- ASHBAUGH, D. R. **Quantitative-Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic Ridgeology**. Boca Raton: CRC Press, 1999.
- BASTOS, M. Q.; FONSECA, F. S.; ALMEIDA, J. P. Análise estatística da distribuição dos padrões papilares digitais. **Revista de Ciências Forenses e Criminalística**, v. 4, n. 1, p. 18–25, 2019.

BEAUDOIN, A. New technique for revealing latent fingerprints on wet, porous surfaces: Oil Red O. **Journal of Forensic Identification**, 2004.

BERTOLUCCI, B.; RANGEL, M. Aplicações da química forense nas investigações criminais. **Química Nova na Escola**, v. 30, n. 4, p. 232–236, 2009.

CUNHA, R. R.; OLIVEIRA, P. A. Química forense e biologia molecular: aplicações em identificação humana. **Revista de Ciências Forenses**, v. 8, n. 1, p. 44–60, 2021.

CUNHA, R. R.; TRAPECAR, M. Chemical and Physical Techniques for Latent Fingerprint Development: A Review. **Forensic Chemistry**, v. 18, 2020.

CUNHA, R. R.; TRAPECAR, M.; BALAZIC, J. Fingerprint recovery from human skin surfaces. **Science and Justice**, v. 47, 2007.

DE SOUZA, M. A.; OLIVEIRA NETO, J. C. C. Análise de Impressão Digital no Brasil: Uma Revisão Bibliométrica 2010–2019. **Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics**, v. 10, n. 3, p. 473–491, 2021. DOI: 10.17063/bjfs10(3)y2021473-491.

FAULDS, H. **Henry Faulds biography**, 1880.

FORENSIC SCIENCE SIMPLIFIED. **Fingerprint Analysis: Applications**, 2013.

HAZARIKA, P.; RUSSELL, D. A. **Advances in fingerprint analysis**. Analyst, v. 137, p. 1201–1208, 2012. DOI: 10.1039/C2AN15779C.

HEDEGE, C.; PATHAK, C. Forensic Chemistry of Fingerprint and Illicit Substances: A Short Review. **Rasayan Journal of Chemistry**, v. 16, n. 4, p. 2218–2228, 2023. DOI: 10.31788/RJC.2023.1648651.

HENRY, E. R. **Classification and Uses of Finger Prints**. London: George Routledge & Sons, 1900.

HERSCHEL, W. J. **William James Herschel – Fingerprint collection**, 1858.

INTERPOL. **Fingerprints Identification Manual**. Lyon: Interpol, 2025.

JESUS, R. S.; CAVALCANTE, J. D. Vestígios químicos na cena do crime: métodos analíticos na perícia criminal. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 2, n. 1, p. 22–31, 2014.

MAIA, J. R. S. et al. Papiloscopia Forense: estudo das cristas papilares e suas aplicações. **Revista Criminalística e Ciências Forenses**, 2012.

MOZZER, A.; PAIVA, M. J.; COSTA, M. M. Química forense: uma abordagem interdisciplinar no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 26, 2020. DOI: 10.1590/1516-731320200036.

NATIONAL INSTITUTE OF JUSTICE. **Effects of Human Factors on the Accuracy of Fingerprint Analysis**, 2012.

POUNDS, C. A. et al. Use of DFO for the fluorescent detection of latent fingerprints. **Journal of Forensic Sciences**, 1990.

RAMOTOWSKI, R. R. Study of latent fingerprints – A review. **ScienceDirect**, 2023.

RAMOTOWSKI, R. S. **Advances in Fingerprint Technology**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2012.

SILVA, B. R. S. et al. Levantamento papiloscópico: técnicas de revelação. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 12, n. 2, p. 133–136, 2023.

SOARES, P. A.; OLIVEIRA, L. A.; COSTA, M. E. Anatomia funcional da mão humana. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 39, n. 2, p. 214–223, 2017.

SU, B. et al. A review on the advancements in chemical examination of fingerprints. **Egyptian Journal of Forensic Sciences**, v. 11, 2021. DOI: 10.1186/s41935-021-00262-2.

VENUGOPAL, A. et al. **A Mini Review on The Applications of Nanomaterials in Forensic Science**, 2023.

WAGACKI, S. P. et al. Understanding the chemistry of the development of latent fingerprints by superglue fuming. **Journal of Forensic Sciences**, v. 52, n. 5, p. 1057–1062, 2007.

WARE, Inc. **Benefits of rapid fingerprinting for law enforcement agencies**, 2022.

INFORMAÇÕES SOBRE OS ORGANIZADORES

FREITAS, Dayana Lúcia Rodrigues de: Doutoranda em Ciências da Educação pelo Centro de Educação Continuada e Aperfeiçoamento Profissional (CECAP). Mestra em Ciências da Educação pelo Centro de Educação Continuada e Aperfeiçoamento Profissional (CECAP). Especialista em Mídias na Educação pela Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN). Especialista em Tecnologias Educacionais e Educação a Distância pelo Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Especialista em Metodologia do ensino de Biologia e Química pelo Instituto Pedagógico de Minas Gerais (IPEMIG/MG). Especialista em Educação Ambiental e Geografia do semiárido pelo Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Especialista em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pelo Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Especialista em Língua Portuguesa, Matemática e Cidadania pelo Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Graduada em Licenciatura Plena em Biologia pelo Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Graduada em Pedagogia pela UNOPAR. Técnica em Meio Ambiente pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC/RS). Palestrante. Pesquisadora. Professora e Orientadora de cursos de Pós-Graduação e Graduação em instituições da rede privada em Macau/RN. Professora; Orientadora de TCC e Orientadora de Estágio Curricular Supervisionado. Atuou como Professora da UFRN. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5355-3547>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5122671799874415>. E-mail: dayannaproducoes@gmail.com.

PAIVA, Luciano Luan Gomes: Diretor de Arte na Editora Amplamente Cursos, coordenando toda a produção visual e ações de publicidade nas redes sociais e site da empresa. No campo da Educação, atua como Coach Educacional, Palestrante, Ministrante de Oficinas (presenciais e on-line), tutor a Distância na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e Professor de Música na Educação Básica do Estado do Rio Grande do Norte. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRN). Como pesquisador, tem feito estudos sobre Aprendizagem mediada por Tecnologias Digitais sob a ótica da Complexidade; Formação Docente no âmbito das Tecnologias Digitais; e Mediação Pedagógica no Ciberespaço. Também é membro do Grupo de Estudos e Pesquisa em Música (GRUMUS-UFRN). Tem formação acadêmica, como Mestre em Música (com ênfase em Educação Musical) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Especialista em Tecnologias Educacionais e Educação a Distância pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRN). Licenciado em Música pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6192-6075>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0772088747598226>. E-mail: luciano.90@hotmail.com.

FERNANDES, Caroline Rodrigues de Freitas: Mestranda em Ciências da Educação pelo Centro de Educação Continuada e Aperfeiçoamento Profissional (CECAP). Especialista em Mídias na Educação pela Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN). Pós-graduada em Educação Inclusiva pelo Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Pós-graduada em

Historiografia Brasileira pela Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI). Pós-Graduada em Metodologia de Ensino de História pela Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI). Graduada em Licenciatura em História pela Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN). Graduada em Licenciatura Plena em Pedagogia pela Faculdade UNOPAR. Técnica em Contabilidade pelo Centro de Educação Integrada Monsenhor Honório (CEIMH). Atua como professora da Rede Pública e Privada em Macau/RN. Coordenadora pedagógica do SESI/RN. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9198-6746>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5956672837215695>. E-mail: caroline_brum2005@hotmail.com.

INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

ALMADA, Nilson Gonçalves de: Graduação em Licenciatura em Matemática. Campus de Abaetetuba - CUBT-UFPA. <https://orcid.org/0009-0006-7239-2690>. E-mail: almadanilson@gmail.com.

CASTRO, Maria Alcione de Oliveira: Licenciatura em Educação do Campo-UFPA. <http://lattes.cnpq.br/2582533009586198>. <https://orcid.org/0009-0001-0927-1857>. E-mail: castroalcione05@gmail.com.

COSTA, José Francisco da Silva: Doutor em Física. Universidade Federal do Pará - FADECAM. <http://lattes.cnpq.br/9492719731740641>. <https://orcid.org/0000-0002-5463-8902>. E-mail: jfsc@ufpa.br.

COSTA, Nercy Pantoja: Licenciatura em Educação do Campo-UFPA. <https://orcid.org/0009-0005-9664-4883>. E-mail: nercypantojacosta@gmail.com.

COSTA, Poliane Nayra Silva: Graduação em Perícia Criminal, Faculdade Estácio. <http://lattes.cnpq.br/8575111040064787>. <https://orcid.org/0009-0008-9386-4444>. E-mail: polianenayra25@gmail.com.

FERREIRA, Rayssa Miranda: Licenciatura em Educação do Campo-UFPA. <http://lattes.cnpq.br/7290794813588151>. <https://orcid.org/0009-0009-0095-6735>. E-mail: rayssamiranda212@gmail.com.

FORTES, Claudete Pinheiro: Licenciatura em Educação do Campo-UFPA. <http://lattes.cnpq.br/6186215851198771>. <https://orcid.org/0009-0004-2851-7738>. E-mail: claudetepinhei82@gmail.com.

LAGE, Maria Rosilaine: Mestre em Resolução de Conflitos e Mediação. <http://lattes.cnpq.br/2179164273111375>. <https://orcid.org/0009-0003-4593-865X>. E-mail: rosilainelage@yahoo.com.br.

LOBATO, Marinaldo Carvalho: Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal do Pará. <http://lattes.cnpq.br/3638803868937420>. <https://orcid.org/0000-0002-9984-7951>. E-mail: marinaldo.lobato2014@gmail.com.

MEDEIROS, Robson André Barata de: Doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas. Universidade Federal do Pará, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-9897-8717>. E-mail: barata.medeiros@yahoo.com.br.

NASCIMENTO, José Wilton Serrão: Mestrado em Mestrado em Engenharia de Materiais. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. <https://orcid.org/0000-0002-7566-9249>. E-mail: nascimentowilton@yahoo.com.br.

NETO, Antonio Maia de Jesus Chaves: Doutorado em Física. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. <http://lattes.cnpq.br/3507474637884699>. <https://orcid.org/0000-0002-9730-3512>. E-mail: amchaves@ufpa.br.

QUARESMA, Cristiano Maciel: Especialização em Educação Matemática. Universidade Federal do Pará-UFPA. Abaetetuba, Pará, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/0650257763270174>. <https://orcid.org/0009-0003-0925-7072>. E-

mail: quaresmacristiano@yaooh.com.br.

REGO, Jully Kelly Moraes: Licenciatura em Pedagogia-UFPA. <http://lattes.cnpq.br/1547241374815873>. <https://orcid.org/0009-0008-9398-7161>. E-mail: jullymoraes080194@gmail.com.

RODRIGUES, Giovane Ribeiro: Especialista em gestão escolar e coordenação pedagógica pela UNIFAEL e metodologia no ensino da matemática pela faculdade Monte Negro. <http://lattes.cnpq.br/2829412564752003>. <https://orcid.org/0009-0000-2461-5403>. E-mail: gilrr9232@gmail.com.

SERRÃO, Maylson de Sousa: Licenciatura em Educação do Campo-UFPA. <http://lattes.cnpq.br/1751571736826294>. <https://orcid.org/0009-0004-5998-2843>. E-mail: maylsons535@gmail.com.

SILVA, Márcio José da: Doutorado em Educação. Universidade do Estado do Pará - UEPA. <https://orcid.org/0009-0006-4504-6274>. E-mail: marcio.silva@uepa.br.

SOARES, Edson Luis da Silva: Especialização em Educação do Campo, Desenvolvimento, e Sustentabilidade do Campo da Amazônia. Universidade Federal do Pará - UFPA. Abaetetuba, Pará, Brasil. <https://orcid.org/0009-0002-7062-1163>. E-mail: edson.soares@gmail.com.

TAVARES, Alexon Silva: Diretor escolar e professor da rede pública estadual do Rio de Janeiro. Professor das redes pública e privada de ensino do Espírito Santo. Professor da Faculdade de Cachoeiro de Itapemirim (FACI) e professor mediador do curso de Licenciatura em Pedagogia, na modalidade a distância (EaD), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). <http://lattes.cnpq.br/1300398465660186>. <https://orcid.org/0000-0002-6519-2731>. E-mail: professoralexon@gmail.com.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Análise comparativa, [38](#)
Aplicação com integral, [76](#)
Autismo, [7](#)

E

Escolarização, [7](#)
Experiência epistêmica, [7](#)

H

Hidrocarbonetos, [46](#)

I

Identificação, [76](#)
Impressões digitais, [76](#)
Inclusão escolar, [7](#)
Injustiça epistêmica, [7](#)

J

Justiça comum, [38](#)

Justiça restaurativa, [38](#)

M

Mediação, [38](#)

P

Papiloscopia, [76](#)
Pesquisa bibliográfica, [46](#)
Práticas pedagógicas, [46](#)
Progressão aritmética, [46](#)

Q

Química forense, [76](#)
Química orgânica, [46](#)

R

Reconhecimento, [7](#)
Resolução de conflitos, [38](#)

Pluralidade do Conhecimento: Estudos e Reflexões Multidisciplinares reúne diferentes perspectivas, experiências e caminhos de investigação que revelam a riqueza e a complexidade da produção científica contemporânea.

Ao aproximar distintas áreas do saber, a obra cria um espaço de diálogo entre temas, conceitos e experiências, evidenciando que os desafios da sociedade atual exigem olhares capazes de ultrapassar os limites de uma única área do conhecimento.

Mais do que uma coletânea de estudos, esta obra representa um convite à reflexão, ao diálogo e à construção colaborativa do saber. Educação, saúde, sociedade, tecnologia, gestão, cultura, direitos e outras dimensões da vida humana encontram-se em diferentes abordagens e contribuições, oferecendo ao leitor novas possibilidades de interpretação e compreensão da realidade.

Destinada a estudantes, professores, pesquisadores e profissionais, a obra reafirma a importância da pesquisa e da diversidade de perspectivas para ampliar conhecimentos, provocar questionamentos e fortalecer a produção acadêmica.

