

Framework de Competência Científica Docente: Da Construção Teórica à Formação Docente

Framework of Scientific Teaching Competencies: From Theoretical Construction to Teacher Training

Margareth Polido Pires ^a, Carmem Lucia Costa Amaral ^b

^a Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, Brasil; ^b Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, Brasil

Resumo. Este artigo apresenta a construção de um *framework* de competências científicas docentes, elaborado a partir da análise da obra de Pedrinaci *et al.* (2012), da correspondência com a BNCC e da triangulação com referenciais nacionais e internacionais sobre competência científica docente. O objetivo foi explicitar o percurso de construção e fundamentação do *framework* e discutir seu potencial como instrumento analítico e formativo. O estudo baseou-se em análise de conteúdo qualitativa, que permitiu identificar unidades de registro e agrupá-las em sete dimensões interdependentes, integrando fundamentos epistemológicos, práticas investigativas, processos avaliativos e compromissos ético-sociais da docência em Ciências. Os resultados evidenciam que o *framework* possibilita uma leitura articulada das concepções docentes e contribui para o diagnóstico e o planejamento de ações formativas. Conclui-se que o modelo proposto oferece uma ferramenta teórico-prática para compreender, analisar e promover o desenvolvimento profissional de professores de Ciências da Natureza.

Palavras-chave:
Competência
Científica, Docência em
Ciências, BNCC,
Formação Docente,
Framework.

Submetido em
29/08/2025

Aceito em
16/12/2025

Publicado em
19/12/2025

Abstract. This article presents the construction of a framework of scientific teaching competencies, developed from the analysis of Pedrinaci *et al.* (2012), its correspondence with the BNCC, and the triangulation with national and international references on scientific teaching competence. The objective **was** to make explicit the process of construction and theoretical grounding of the framework, and to discuss its potential as an analytical and formative instrument. The study was based on a qualitative content analysis, which enabled the identification of recording units and their grouping into seven interdependent dimensions, integrating epistemological foundations, investigative practices, evaluative processes, and the ethical–social commitments of Science teaching. The results show that the framework allows for an articulated interpretation of teachers' conceptions and contributes to the diagnosis and planning of formative actions. It is concluded that the proposed model offers a theoretical–practical tool for understanding, analyzing, and promoting the professional development of Natural Science teachers.

Keywords: Scientific
Competence, Science
Teaching, BNCC,
Teacher Education,
Framework.

Introdução

Nas últimas décadas, o ensino de Ciências da Natureza tem sido interpelado por desafios sociais, ambientais, tecnológicos e epistêmicos que exigem novas formas de compreender a ciência e seu papel na formação cidadã. Nesse cenário, a noção de competência científica ganhou centralidade em documentos normativos internacionais, como o *Programme for International Student Assessment* (PISA), e em nacionais, como a *Base Nacional Comum Curricular* (BNCC). Esta enfatiza o pensamento científico, crítico e criativo como princípio estruturante da formação básica (Brasil, 2017).

Na literatura, o conceito de competência aparece associado a diferentes perspectivas: à mobilização integrada de conhecimentos, habilidades e atitudes (Perrenoud, 2000), à articulação entre teoria e prática investigativa (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2009) e à formação

cidadã crítica (Freire, 1996; Hodson, 2010). No entanto, quando transposto para a docência em Ciências da Natureza, ele se fragmenta em propostas parciais: ora centradas em conteúdos disciplinares, ora em metodologias específicas, ora em habilidades avaliativas. Essa fragmentação dificulta a consolidação de uma visão integrada da competência científica como prática docente situada, crítica e transformadora.

A BNCC, ao prescrever competências específicas para Ciências da Natureza, amplia o debate, mas não explicita como essas competências podem ser desenvolvidas pelos professores em sua atuação cotidiana. Essa lacuna torna evidente a necessidade de construir referenciais mais sistematizados, capazes de orientar tanto a pesquisa acadêmica quanto a formação inicial e continuada de professores.

Este artigo apresenta, nesse contexto, a construção de um *framework* de competências científicas docentes, desenvolvido a partir da análise da obra de Pedrinaci et al. (2012), da correspondência com a BNCC e da triangulação com referenciais nacionais e internacionais sobre competência científica e docente.

A obra *11 Ideas Clave: El desarrollo de la competencia científica* (Pedrinaci et al., 2012) destaca-se na produção ibero-americana por sistematizar, de forma abrangente, fundamentos epistemológicos, didáticos e metodológicos da educação científica. Estruturada em onze ideias-chave, articula princípios que percorrem desde a natureza da ciência e o papel da investigação escolar até a modelização, a comunicação científica e a cidadania responsável. Essa organização conceitual oferece elementos capazes de conectar alfabetização científica, prática investigativa e compromisso social. Por reunir e sistematizar esses princípios de modo coerente e aplicável à formação docente, a obra foi adotada nesta pesquisa como eixo metodológico central para a extração das unidades de registro que sustentaram a construção do *framework* de competências científicas docentes.

O *framework* organiza-se em sete dimensões interdependentes, que buscam integrar fundamentos epistemológicos, práticas investigativas, processos avaliativos e compromissos ético-sociais da docência em Ciências.

Este artigo tem como objetivo expor o percurso de construção e fundamentação do framework, evidenciando os critérios que orientam sua sistematização, bem como discutir seu potencial como instrumento analítico e formativo, capaz de subsidiar pesquisas, diagnósticos e práticas de formação docente. Espera-se, com isso, oferecer uma contribuição teórico-prática que favoreça a consolidação de uma docência em Ciências alinhada às demandas contemporâneas de uma educação científica crítica, reflexiva e socialmente comprometida.

Revisão da Literatura

A literatura sobre competência científica docente revela um campo conceitualmente plural e ainda em consolidação. Diversas abordagens buscam articular conhecimentos, habilidades e atitudes, mas diferem quanto ao foco e à ênfase formativa. Perrenoud (2000), ao compreender competência como a mobilização integrada de saberes em situações complexas, oferece um marco importante para pensar a prática docente, embora ainda centrado na

dimensão operacional. Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009) ampliam essa discussão ao propor a integração entre epistemologia da ciência e prática pedagógica, situando a competência na relação entre construção conceitual e ação didática. Hodson (2010) e Freire (1996), por sua vez, sublinham as dimensões crítica e emancipatória, compreendendo o ensino de Ciências como prática social e transformadora. Essas diferentes perspectivas, embora convergentes na crítica ao tecnicismo, evidenciam a fragmentação conceitual do campo, que carece de referenciais capazes de articular fundamentos epistemológicos, pedagógicos e ético-sociais em uma visão integrada da competência científica docente.

No contexto brasileiro, a BNCC (Brasil, 2017) incorpora a competência científica como eixo estruturante da área de Ciências da Natureza, propondo descriptores baseados em investigação, argumentação e responsabilidade social. Contudo, análises como as de Sassenon (2018) e Branco et al. (2018) apontam que, embora inovadora, a BNCC ainda enfrenta desafios de implementação, revelando distanciamentos entre prescrição curricular e práticas efetivas.

Em âmbito internacional, revisões recentes reforçam a necessidade de abordagens que integrem epistemologia, prática e ética. Galimova et al. (2023) demonstram que o desenvolvimento do conhecimento pedagógico é um desafio persistente, especialmente entre professores em formação, exigindo programas colaborativos e continuados. De modo convergente, Almonacid-Fierro et al. (2023) destacam que o conhecimento profissional docente se constrói na mediação entre teoria e prática, em contextos reflexivos e investigativos. No cenário latino-americano, Miranda e Lorencini Júnior (2024) e Wendt et al. (2025) reforçam a necessidade de vincular a competência científica à dimensão ética e informacional, de modo a promover o pensamento crítico e enfrentar o fenômeno da desinformação.

Esses estudos evidenciam que, embora existam avanços conceituais e empíricos significativos, persiste a ausência de um modelo teórico que articule de forma coerente os fundamentos epistemológicos, as práticas investigativas e os compromissos ético-sociais da docência em Ciências. É nesse espaço que se insere a contribuição deste estudo: propor um *framework* de competência científica docente que integre essas dimensões em um modelo formativo, reflexivo e transformador.

Referencial Teórico

A construção de um *framework* de competências científicas docentes requer uma base conceitual sólida, capaz de articular três dimensões interdependentes: a noção de competência no campo educacional, a especificidade da competência científica e sua transposição para a prática docente em Ciências da Natureza. Essas dimensões se entrelaçam na medida em que a docência é compreendida como atividade epistêmica e social, fundada na mobilização de saberes, na reflexão crítica e na responsabilidade ética diante dos desafios contemporâneos da educação científica.

A compreensão contemporânea de competência não surge de forma repentina. Ela se enraíza em uma tradição pedagógica que, desde o início, buscou integrar dimensões cognitivas,

práticas e éticas da formação humana. No século XVIII, Pestalozzi já articulava o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e valores morais (Mota, 2021), concebendo a educação como processo integral em que o saber se realiza na ação. Essa visão ganha densidade com Dewey (1938/2023), para quem aprender implica agir e refletir sobre a própria experiência — ideia que antecipa a concepção atual de competência como a capacidade de mobilizar conhecimentos, habilidades e atitudes em contextos complexos (Brasil, 2017; Perrenoud, 1999).

No século XX, essa perspectiva se ampliou com a contribuição de Bloom (1956), que propôs a taxonomia dos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor, e com McClelland (1973), que sistematizou a Teoria do CHA — conhecimentos, habilidades e atitudes — como estrutura integrada da ação competente. Com essas formulações, o debate educacional deslocou-se da mera aquisição de saberes para a mobilização significativa de recursos cognitivos e atitudinais. Spady (1977), nos Estados Unidos, e Perrenoud (1999), na Europa, destacaram que ser competente significa agir de modo pertinente e responsável em situações complexas, articulando teoria e prática, cognição e ética.

Esse entendimento exerceu influência decisiva sobre as reformas curriculares contemporâneas, incluindo as brasileiras. A LDB – Lei de Diretrizes e Bases (Brasil, 1996), os PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1998) e a BNCC (Brasil, 2017) consolidaram o paradigma das competências, entendidas como a mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores voltados à vida, à cidadania e ao trabalho. Contudo, como advertem Demo (2000) e Sacristán (2011), há o risco de reduzir essa concepção a um enfoque tecnicista e instrumental, centrado no desempenho e na mensuração de resultados. Em análise recente, Silva e Gomes (2023) distinguem três leituras possíveis dessa noção: a educação baseada em competências, de caráter prescritivo; o enfoque por competências, voltado à integração entre saberes e atitudes; e o enfoque pedagógico por competências, de natureza formativa e crítica. É nessa última acepção que o conceito recupera seu potencial epistemológico e emancipador, ao promover a autonomia intelectual, a reflexão e o compromisso ético como fundamentos da ação educativa.

Reposicionar o conceito de competência sob essa perspectiva crítica implica compreendê-lo como processo dinâmico e situado, que articula o saber, o agir e o refletir em direção à transformação social. Wendt et al. (2025) reforçam que, quando ancorada em valores éticos e informacionais, a competência torna-se instrumento de resistência à desinformação e ao uso acrítico do conhecimento, articulando a formação de sujeitos críticos e socialmente responsáveis. No campo das Ciências da Natureza, essa concepção adquire contornos próprios, pois envolve tanto o domínio dos conteúdos científicos quanto a compreensão da ciência como prática social, investigativa e historicamente situada.

A competência científica consolidou-se, nesse contexto, como um conceito estruturante na Educação em Ciências. A definição proposta pela OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development [OCDE], 2019), no âmbito do PISA, tornou-se referência internacional ao compreender a competência científica como o engajamento ativo em questões relacionadas à ciência e à tecnologia, articulado à aplicação do conhecimento para interpretar dados e agir de forma informada. Embora concebida originalmente para a

avaliação de estudantes, essa formulação contribuiu para consolidar a ideia da ciência como prática social e cultural, deslocando o foco da memorização para a mobilização de saberes em contextos de incerteza.

Na literatura ibero-americana, Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009) enfatizam que a competência científica deve ser entendida como processo formativo que articula teoria, prática pedagógica e investigação. Nessa direção, Sasseron (2018) e Maia e Justi (2008) destacam o papel da investigação escolar na construção do pensamento científico, evidenciando habilidades como problematização, formulação de hipóteses, experimentação e análise crítica. Esses estudos reforçam que o desenvolvimento da competência científica se dá na e pela prática docente, em contextos reais de ensino e aprendizagem.

Com base nessas contribuições, a competência científica pode ser compreendida como um sistema integrado de dimensões — conceitual, procedural e epistêmica — que envolve tanto a apropriação de saberes científicos quanto a compreensão da natureza da ciência (NdC), seus métodos e limites (Umpiérrez Oroño, 2020). Ferraz et al. (2024) retomam a distinção entre *conhecimento de ciências* e *conhecimento sobre ciências*, destacando a importância de desenvolver, nos professores, a capacidade de transitar entre o domínio conceitual e a reflexão epistemológica, condição essencial para promover uma docência que compreenda a ciência não apenas como corpo de conhecimentos, mas como processo histórico, social e cultural de produção de sentido. Pesquisas contemporâneas ampliam essa discussão ao integrar perspectivas sociocientíficas e comunicativas, como demonstram Wendt et al. (2025), ao proporem o diálogo entre competência científica e competência informacional como base para o enfrentamento da desinformação e o fortalecimento do pensamento crítico, ético e socialmente engajado.

Transposta para o campo da docência, a discussão sobre a competência científica conduz ao reconhecimento da complexidade do trabalho do professor e de sua natureza epistêmica. Ensinar não se reduz à transmissão de conteúdos disciplinares, mas implica a integração de diferentes saberes — conceituais, didáticos, éticos e políticos — mobilizados em contextos permeados por incertezas e desafios cotidianos (Tardif, 2012). Essa compreensão permite conceber o professor como sujeito que produz e interpreta conhecimentos no diálogo com os estudantes, as práticas e os contextos sociais.

A concepção de docência como prática epistêmica encontra respaldo em formulações como o *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), de Shulman (1987), que articula o domínio do conteúdo específico ao conhecimento didático necessário à sua transposição pedagógica. Embora o PCK tenha se consolidado como referência para o estudo do conhecimento profissional docente, diversos autores assinalam a necessidade de ampliar essa abordagem para incorporar dimensões éticas, culturais e epistemológicas da ciência (Almonacid-Fierro et al., 2023; Galimova et al., 2023). Essa ampliação reforça a importância de compreender o ensino de Ciências como prática de produção e interpretação do conhecimento, na qual o professor atua como mediador crítico capaz de transformar o saber disciplinar em experiências significativas de aprendizagem.

Em consonância com essa perspectiva, estudos recentes (Miranda e Lorencini Junior, 2024; Wendt et al., 2025) evidenciam que o desenvolvimento das competências científicas docentes

envolve tanto a ativação de processos cognitivos e valores éticos quanto a mediação intencional e significativa do professor. Nessa direção, a formação docente em Ciências é compreendida como processo contínuo de colaboração, reflexão e prática crítica — um movimento que articula o domínio conceitual, a sensibilidade epistemológica e a responsabilidade social do professor frente aos desafios contemporâneos da educação científica.

Métodos

A elaboração do *framework* de competências científicas docentes exigiu um percurso metodológico estruturado em etapas sucessivas, articulando análise documental, sistematização conceitual e processos de categorização e reorganização. O objetivo foi produzir um referencial capaz de integrar distintos aportes teóricos e normativos, preservando a consistência conceitual e a aplicabilidade formativa.

Optou-se por uma abordagem qualitativa, de caráter analítico-interpretativo. A escolha decorre do objetivo central do estudo, que não se restringiu a medir ou quantificar elementos, mas buscou interpretar sentidos, identificar categorias e propor uma organização conceitual coerente. Nesse sentido, a construção do *framework* não se limitou a uma descrição de fontes, mas implicou um processo de análise de conteúdo, com base em Bardin (2020), que permitiu identificar, organizar e interpretar unidades de registro.

A pesquisa configurou-se como teórico-conceitual, mas fundamentada em procedimentos sistemáticos de análise documental. O corpus inicial foi constituído pela obra de Pedrinaci et al. (2012), reconhecida na literatura por propor referenciais de competência científica em Ciências da Natureza. Esse material foi complementado por documentos normativos brasileiros (Brasil, 2017), além de literatura nacional e internacional sobre competência científica e docente.

O percurso metodológico foi estruturado em quatro etapas principais:

Análise inicial da obra de Pedrinaci et al. (2012)

A primeira etapa consistiu em uma leitura aprofundada da obra, identificando trechos que se referiam a práticas, habilidades, conhecimentos ou atitudes relacionadas à docência em Ciências. Esses trechos foram selecionados como unidades de registro. O critério de seleção priorizou elementos que pudessem ser transpostos para a realidade da prática docente, considerando tanto aspectos de conteúdo científico quanto de abordagem pedagógica.

Organização preliminar em categorias

As unidades de registro foram agrupadas em seis categorias iniciais (C1 a C6), organizadas de acordo com a proximidade conceitual. Essa etapa teve caráter exploratório, permitindo visualizar tendências e recorrências na obra de Pedrinaci et al. (2012). As categorias iniciais incluíram, por exemplo, elementos relacionados à prática investigativa, ao uso de modelos, à comunicação científica e à dimensão ética e social da Ciência. O quadro 1 ilustra essas categorias iniciais.

Quadro 1. Categorias de Análise (estabelecidas a partir da reorganização das unidades de registro)

Categorias de Análise	Unidades de Registro
Cidadania Responsável	<p>Formação científica como componente básico para a cidadania A cidadania responsável é essencial para que os indivíduos sejam capazes de avaliar e compreender questões científicas que afetam a sociedade e tomar decisões informadas.</p> <p>Fortalecer a formação para a cidadania Reconhecimento da utilidade da ciência na resolução de problemas e enfrentamento de desafios, promovendo uma atitude positiva em relação à ciência</p>
Educação Científica Metodologia de Ensino	<p>Competência científica oferece critérios para organizar o currículo Critérios mais claros para a seleção de conhecimentos básicos (relevantes) Orientações para as metodologias de ensino – ativa e contextualizada - e de avaliação Selecionar noções e teoria científicas essenciais com maior potencial explicativo Conceitos científicos – base do conhecimento científico</p> <p>e Investigação escolar – integração entre os diferentes procedimentos científicos; é fundamental para a alfabetização científica. Estudantes como protagonistas de seu próprio processo de construção de conhecimento através da investigação. Ênfase na contextualização da investigação – ampliação do engajamento dos estudantes ao abordar questões relevantes para suas vidas, comunidades e sociedade em geral. Priorizar a investigação científica Ensino Contextualizado, Aprendizagem Significativa e Consciência da Relevância da Ciência Papel da argumentação na compreensão da ciência.</p> <p>e Desenvolver a competência em comunicação científica para os estudantes. Importância da leitura, escrita e expressão oral em ciências para aprofundar a compreensão dos conceitos científicos, articular ideias, debater concepções, argumentar com base em evidências</p> <p>Alfabetização Científica, Teorias Científicas como Base, Percepção da Utilidade da Ciência, Correlação com a Natureza da Ciência, Aprendizagem Articulada e Contextualizada, Papel da Ciência e Tecnologia. Desenvolvimento e avaliação de modelos científicos no ambiente escolar, fundamental para compreender a natureza da ciência. Reconhecimento da ciência como um empreendimento em constante transformação</p> <p>e Necessidade de um discurso que reconheça evidências, articule modelos e teorias, e valide relações para uma compreensão mais completa do funcionamento da ciência Reconhecimento de que o conhecimento científico e tecnológico é construído em um contexto social, cultural e histórico A importância de incluir as implicações sociais do conhecimento científico e tecnológico no ensino para promover a alfabetização científica Reconhecimento de que a ciência e a tecnologia têm um impacto significativo na sociedade e são influenciadas por ela, tornando essencial a análise de suas interações em sala de aula. Desenvolvimento da competência científica promove atitudes positivas em relação à ciência e ao conhecimento científico, estimulando a curiosidade e motivação dos estudantes para explorar fenômenos científicos.</p> <p>Atitudes e Reflexão Crítica</p> <p>Envolvimento dos estudantes em atividades científicas, fortalece sua confiança na capacidade da ciência de fornecer respostas confiáveis e objetivas Estímulo aos alunos para fazerem perguntas e buscarem respostas por conta própria, desenvolvendo habilidades de pensamento crítico e criativo fundamentais para a prática científica.</p>
Conhecimento Científico Alfabetização Científica	
Competência Didática Avaliação	<p>Importância de os professores possuírem tanto conhecimento científico sólido quanto competência e didática para transmitir esse conhecimento de maneira eficaz aos alunos Reconhecimento da necessidade de novas formas de avaliar a competência científica dos estudantes, refletindo a complexidade da alfabetização científica.</p>

É importante ressaltar que estas categorias possuem caráter analítico e intermediário: não representam o *framework* final, mas constituem uma etapa fundamental do percurso

metodológico. O *framework* propriamente dito será desenvolvido a partir da ampliação e aprofundamento dessas categorias. As categorias que surgiram foram:

Cidadania Responsável: reúne elementos relacionados à mobilização do conhecimento científico para a participação cidadã. Expressa a necessidade de um ensino que promova a compreensão da ciência como instrumento para tomada de decisões éticas e informadas, em contextos sociais e ambientais. O professor é concebido como agente formador de cidadãos críticos, engajados e conscientes do papel da ciência na construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

Educação Científica e Metodologia de Ensino: abrange a competência do professor em estruturar o ensino de Ciências com base em metodologias ativas, investigação escolar e contextualização. Integra elementos do planejamento curricular, da seleção de conteúdos relevantes e da mediação pedagógica. Destaca-se a importância da articulação entre teoria e prática, com foco em aprendizagens significativas e no desenvolvimento de habilidades científicas nos alunos.

Comunicação e Argumentação Científica: refere-se à capacidade docente de expressar, debater e fundamentar ideias científicas com clareza, lógica e embasamento. Vai além da transmissão de conteúdos, incorporando estratégias que desenvolvem o pensamento crítico e a argumentação nos estudantes. A comunicação eficaz, apoiada em evidências, é central para a construção compartilhada do conhecimento e para o enfrentamento da desinformação.

Conhecimento Científico e Alfabetização Científica: enfatiza a necessidade de uma sólida compreensão dos conceitos científicos, bem como dos processos de construção do conhecimento e de suas implicações tecnológicas e sociais. O professor deve ser capaz de promover a alfabetização científica de forma crítica e contextualizada, garantindo acesso equitativo ao conhecimento e às competências necessárias para a compreensão do mundo contemporâneo.

Atitudes e Reflexão Crítica: valoriza o desenvolvimento de posturas investigativas e reflexivas, tanto por parte dos professores quanto dos alunos. Envolve estimular a curiosidade, a formulação de perguntas, a análise crítica de informações e a construção de sentido. Essa categoria destaca a importância de atitudes positivas frente à ciência, reconhecendo seus limites, possibilidades e inserção histórica e social.

Competência Didática e Avaliação: consolida os elementos ligados à prática pedagógica e à avaliação da aprendizagem. Reconhece que a formação docente exige não apenas domínio do conteúdo, mas também habilidades didáticas e sensibilidade para acompanhar o desenvolvimento dos alunos. Envolve a diversificação de instrumentos avaliativos e o estímulo à metacognição como forma de promover aprendizagens significativas.

Reorganização e redefinição das categorias

A partir das categorias discutidas anteriormente, empreendeu-se uma revisão crítica das categorias iniciais, com base em três critérios de análise:

1. Eixo conceitual: proximidade entre as categorias e os fundamentos epistemológicos da ciência;
2. Eixo didático-pedagógico: pertinência das categorias para a prática docente em sala de aula;
3. Eixo ético-político-social: relevância das categorias para a formação cidadã e crítica dos estudantes.

Além desses critérios, considerou-se a integração ao modelo CHA (conhecimentos, habilidades e atitudes), amplamente adotado pela BNCC. O objetivo foi garantir que as categorias não apenas descrevessem elementos isolados, mas expressassem dimensões integradas da competência científica docente. Por fim, procedeu-se à análise de correspondência entre as categorias reorganizadas e as competências específicas de Ciências da Natureza previstas na BNCC. Esse cruzamento permitiu verificar convergências e lacunas, além de fortalecer a aplicabilidade do *framework* ao contexto educacional brasileiro. Paralelamente, a literatura nacional e internacional foi mobilizada para aprofundar a fundamentação de cada dimensão e evitar reducionismos conceituais.

Análise

O processo de análise e reorganização resultou na formulação de sete dimensões interdependentes de competências científicas docentes. Cada dimensão foi concebida como um conjunto de práticas, saberes e atitudes que se articulam no exercício da docência em Ciências, evitando a fragmentação entre conteúdos, métodos e finalidades sociais.

O *framework* foi estruturado de modo a permitir sua apresentação sistemática por meio de descritores fixos:

- Origem e justificativa: a partir de quais referências a dimensão foi formulada;
- Categorias associadas: termos ou unidades de registro que a sustentam;
- Foco pedagógico: quais aspectos da prática docente a dimensão contempla;

Esse modelo fixo garante clareza na apresentação das dimensões e facilita tanto o uso analítico em pesquisas quanto a utilização prática em processos de formação inicial e continuada.

Resultado do Processo

O *framework* organiza sete dimensões de competências que, em conjunto, expressam saberes, práticas e atitudes centrais para a docência em Ciências da Natureza. Cada dimensão foi formulada a partir da análise documental e categorial descrita no percurso metodológico e articulada à BNCC e à literatura especializada.

Dimensão 1 – Fundamentação epistemológica da ciência

(A) Origem e justificativa: baseada nas discussões sobre a natureza da ciência (Umpiérrez Oroño, 2020) e nas categorias de Pedrinaci et al. (2012) relativas à historicidade, métodos e limites do conhecimento científico.

(B) Categorias associadas: Natureza da ciência; historicidade; métodos científicos; incerteza; relações CTS.

(C) Foco pedagógico: Favorecer que o professor problematize a ciência como construção humana e socialmente situada, evitando concepções dogmáticas.

Dimensão 2 – Prática investigativa em Ciências

(A) Origem e justificativa: Inspirada na tradição da investigação escolar (Sasseron & Carvalho, 2011), presente em Pedrinaci et al. (2012) como prática estruturante e incorporada na BNCC como habilidade essencial.

(B) Categorias associadas: Problematização; hipóteses; coleta e análise de dados; experimentação.

(C) Foco pedagógico: Promover o engajamento dos estudantes em atividades investigativas, aproximando o ensino escolar do fazer científico.

Dimensão 3 – Construção de modelos e explicações científicas

(A) Origem e justificativa: Relacionada aos estudos de Justi e Gilbert (2002) sobre modelização científica e às categorias de Pedrinaci et al. (2012) ligadas a explicação e representação.

(B) Categorias associadas: Modelos; representações; analogias; validação de explicações.

(C) Foco pedagógico: Estimular a elaboração e análise de modelos que ajudem os estudantes a interpretar fenômenos, reconhecendo limites e potencialidades.

Dimensão 4 – Avaliação formativa e autorregulação da aprendizagem

(A) Origem e justificativa: apoiada em Pedrinaci et al. (2012) em categorias ligadas ao feedback e à reflexão.

(B) Categorias associadas: *Feedback*; metacognição; autoavaliação; regulação da aprendizagem.

(C) Foco pedagógico: Incorporar práticas avaliativas processuais que favoreçam a reflexão e a autonomia dos estudantes.

Dimensão 5 – Integração curricular e interdisciplinaridade

(A) Origem e justificativa: Deriva da proposta de Pedrinaci et al. (2012) e das orientações da BNCC, que enfatizam integração entre áreas e abordagem contextualizada.

(B) Categorias associadas: Currículo integrado; interdisciplinaridade; articulação CTS.

(C) Foco pedagógico: Promover conexões entre conteúdos e áreas, relacionando ciência com problemas sociais, tecnológicos e ambientais.

Dimensão 6 – Comunicação e linguagem científica

(A) Origem e justificativa: Fundamentada em Lemke (2006) sobre linguagem científica e em Pedrinaci et al. (2012), que destacam a argumentação e o uso de diferentes registros.

(B) Categorias associadas: Linguagem científica; argumentação; multiletramentos; divulgação científica.

(C) Foco pedagógico: Ampliar a competência dos estudantes para compreender e produzir discursos científicos em múltiplas linguagens.

Dimensão 7 – Ética, cidadania e compromisso social

(A) Origem e justificativa: Apoiada em Freire (1996), Hodson (2010), nas categorias de Pedrinaci et al. (2012) sobre implicações sociais da ciência e nas competências gerais da BNCC.

(B) Categorias associadas: Responsabilidade ética; cidadania; sustentabilidade; justiça social.

(C) Foco pedagógico: Promover reflexão sobre implicações éticas e sociais da ciência, estimulando uma postura crítica e cidadã no ensino de Ciências.

As sete dimensões apresentadas devem ser compreendidas como partes interdependentes de um mesmo conjunto. Embora descritas separadamente, elas se articulam de modo dinâmico na prática docente, sem hierarquias fixas. Para representar essa articulação, o *framework* foi organizado graficamente em formato de colmeia, em que cada dimensão ocupa uma célula hexagonal conectada às demais.

A escolha da representação em colmeia busca evidenciar dois aspectos principais: (i) a interconexão entre as dimensões, que se sustentam mutuamente e não podem ser desenvolvidas de forma isolada; e (ii) a flexibilidade do modelo, que permite diferentes percursos de leitura e aplicação, dependendo do contexto de pesquisa ou de formação.

A organização visual do framework em colmeia sintetiza as sete dimensões e suas relações de interdependência (ver Figura 1).



Figura 1. Framework de Competências Científicas Docentes

Nota. O modelo em colmeia ilustra a integração dos saberes. Elaborado pela autora (2025)

A representação em colmeia sintetiza o caráter integrado do *framework*, no qual cada dimensão se conecta às demais.

Correspondência com a BNCC

Considerando o papel estruturante da BNCC na educação básica brasileira, realizou-se um exercício de correspondência entre suas oito competências específicas para Ciências da Natureza e as sete dimensões do *framework* de competências científicas docentes. O objetivo foi verificar em que medida o modelo proposto dialoga com os referenciais normativos nacionais, contribuindo para sua interpretação e aplicação no cotidiano escolar.

O Quadro 2 sintetiza essa correspondência, destacando as dimensões mais diretamente associadas a cada competência, sem pretensão de esgotar outras possibilidades de articulação.

Quadro 2. Correlação entre as Competências Específicas da BNCC para o Ensino Fundamental e as Dimensões do *Framework*

Competência BNCC (Ciências da Natureza)	Dimensões do <i>Framework</i> mais relacionadas
C1 – Compreender fenômenos naturais e processos tecnológicos.	D1 – Fundamentação epistemológica da ciência; D3 – Construção de modelos e explicações.
C2 – Analisar e utilizar informações para resolver problemas e tomar decisões.	D2 – Prática investigativa; D4 – Avaliação formativa e autorregulação.
C3 – Avaliar aplicações da ciência e da tecnologia e seus impactos sociais.	D7 – Ética, cidadania e compromisso social.
C4 – Utilizar procedimentos e linguagens próprias das ciências.	D6 – Comunicação e linguagem científica.
C5 – Desenvolver e utilizar modelos e representações para compreender fenômenos.	D3 – Construção de modelos e explicações; D6 – Comunicação científica.
C6 – Reconhecer a ciência como construção humana e social.	D1 – Fundamentação epistemológica da ciência; D7 – Ética e cidadania.
C7 – Atuar com responsabilidade em questões socioambientais.	D5 – Integração curricular e interdisciplinaridade; D7 – Ética, cidadania e compromisso social.
C8 – Valorizar e promover a saúde individual e coletiva.	D5 – Integração curricular e interdisciplinaridade; D7 – Ética e compromisso social.

Essa análise evidencia que as competências da BNCC encontram correspondência direta nas dimensões do *framework*, mas de modo não estanque: várias dimensões se articulam a uma mesma competência, o que reflete a interdependência do modelo. Observa-se, por exemplo, que competências ligadas à análise crítica e ao engajamento social (C3, C6, C7 e C8) ativam transversalmente a dimensão ética e cidadã (D7), enquanto aquelas voltadas ao pensamento científico (C1, C2 e C5) se distribuem entre dimensões epistemológicas, investigativas e de modelização (D1, D2, D3).

Mais do que confirmar convergências, esse exercício mostra como o *framework* pode atuar como instrumento mediador entre os enunciados normativos e a prática docente, fornecendo parâmetros mais claros para o planejamento pedagógico, a avaliação formativa e a formação inicial e continuada de professores.

Discussão

A potencialidade do *framework* reside, em primeiro lugar, em seu uso como lente analítica para estudos sobre concepções docentes, práticas pedagógicas e políticas curriculares. Embora a literatura já conte com contribuições relevantes sobre alfabetização científica (Sasseron & Carvalho, 2011), natureza da ciência (Umpiérrez Oroño, 2020) e modelização (Justi e Gilbert, 2002), esses estudos tendem a enfocar dimensões isoladas da docência.

O *framework* aqui proposto avança ao integrar tais dimensões em um mesmo referencial, favorecendo análises mais amplas e interconectadas sobre o ensino de Ciências da Natureza. Essa integração pode apoiar, por exemplo, pesquisas que analisam respostas docentes a questionários ou entrevistas, funcionando como instrumento de categorização capaz de indicar quais dimensões estão mais presentes ou ausentes nas concepções dos professores. Da mesma forma, observações de sala de aula podem se valer do modelo para mapear como diferentes dimensões se manifestam nas práticas, revelando padrões, lacunas e possibilidades de intervenção.

Esse potencial analítico se articula diretamente à formação inicial de professores, marcada muitas vezes pela fragmentação entre disciplinas de conteúdo, metodologias de ensino e estágios supervisionados. Ao propor uma visão integrada de competência científica docente, o *framework* oferece subsídios para a organização curricular dos cursos de licenciatura, orientando atividades, avaliações e experiências de estágio que articulem dimensões epistemológicas, investigativas, comunicativas e ético-sociais. Além de sua função estruturante, o modelo pode servir como instrumento de reflexão individual, permitindo que licenciandos analisem seus percursos formativos e identifiquem áreas de maior segurança ou de necessidade de aprofundamento, favorecendo processos de metacognição e de construção da identidade profissional docente.

No âmbito da formação continuada, o *framework* também se mostra pertinente. Pode ser utilizado como recurso de diagnóstico coletivo, apoiando redes de ensino na identificação de dimensões mais ou menos presentes nas práticas docentes e possibilitando o planejamento de ações formativas coerentes com essas demandas. Pode ainda ser explorado em oficinas reflexivas, nas quais professores analisem práticas de sala de aula ou materiais didáticos à luz das dimensões do modelo, estimulando o diálogo entre fundamentos epistemológicos, práticas investigativas e compromissos sociais. Ao ser apropriado dessa forma, o *framework* contribui para o fortalecimento da identidade profissional, na medida em que permite ao professor reconhecer-se como sujeito que mobiliza múltiplas dimensões de competência científica e atua como mediador crítico entre ciência, sociedade e educação.

Outro aspecto de relevância está no diálogo com políticas e currículos, em especial a BNCC, cuja implementação tem sido marcada por interpretações diversas. O *framework* pode atuar como ferramenta de tradução curricular, auxiliando gestores, formadores e escolas a interpretar e operacionalizar as competências de Ciências da Natureza previstas no documento. Ao explicitar dimensões articuladas, oferece um referencial intermediário capaz de servir como ponte entre prescrições gerais e práticas pedagógicas concretas, fornecendo parâmetros mais claros para planejamento, avaliação e formação docente.

É importante, contudo, reconhecer os limites e desafios do modelo. Por ter origem em análise documental e categorial, o *framework* possui caráter preliminar e demanda validação empírica mais ampla em contextos variados. Também existe o risco de sua utilização prescritiva, como lista de verificação, o que esvaziaria seu potencial reflexivo e formativo. Além disso, a própria noção de competência é polissêmica e atravessada por tensões teóricas e políticas (Sacristán, 2011; Demo, 2000), devendo ser apropriada criticamente para evitar reducionismos tecnicistas.

Em síntese, o *framework* de competências científicas docentes configura-se como proposta que pode apoiar múltiplos usos: recurso analítico para a pesquisa, guia reflexivo na formação inicial, instrumento diagnóstico e formativo em processos de desenvolvimento docente e mediador na interpretação de políticas curriculares. Sua contribuição reside menos em oferecer respostas prontas e mais em possibilitar leituras integradas da docência em Ciências da Natureza, articulando fundamentos epistemológicos, práticas investigativas, comunicação científica e compromisso social.

Conclusão

O estudo desenvolvido possibilitou a proposição de um *framework* de competências científicas docentes, concebido como uma resposta à fragmentação ainda presente na literatura e nos documentos normativos sobre Educação em Ciências. Mais do que uma listagem de dimensões, o modelo busca expressar uma visão integrada da docência, capaz de articular fundamentos epistemológicos, práticas investigativas, comunicação científica e compromissos ético-sociais em um conjunto interdependente.

A relevância do *framework* reside em sua capacidade de ampliar o debate acadêmico e oferecer subsídios práticos para diferentes níveis de atuação. Ao mesmo tempo em que fornece uma lente analítica para pesquisas sobre concepções e práticas docentes, também se coloca como um recurso formativo para a organização curricular da licenciatura e para a elaboração de programas de formação continuada. Seu caráter reflexivo permite que seja apropriado de forma flexível por pesquisadores, formadores e professores, favorecendo tanto diagnósticos quanto processos de desenvolvimento profissional.

A síntese apresentada em formato de colmeia simboliza a complexidade e a interdependência que caracterizam a competência científica docente. Em um contexto educacional marcado por desafios ambientais, tecnológicos e sociais, investir em referenciais que fortaleçam a formação docente é condição essencial. O *framework* aqui apresentado não pretende encerrar o debate, mas contribuir para a consolidação de bases teóricas e metodológicas que possam sustentar práticas de ensino de Ciências mais críticas, integradas e socialmente comprometidas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Referências

- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), 40–49. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662009000100004
- Almonacid-Fierro, A., Sepúlveda-Vallejos, S., Valdebenito, K., Montoya-Grisales, N., & Aguilar-Valdés, M. (2023). Analysis of pedagogical content knowledge in science teacher education: A systematic review 2011–2021. *International Journal of Educational Methodology*, 9(3), 525–534. <https://doi.org/10.12973/ijem.9.3.525>
- Bardin, L. (2020). *Análise de conteúdo* (4^a ed.). Edições 70.
- Bloom, B. S. (Ed.). (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals (Handbook I: Cognitive domain)*. David McKay Company. <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/PPP242/Benjamin%20S.%20Bloom%20-%20Taxonomy%20of%20Educational%20Objectives%2C%20Handbook%201%20Cognitive%20Domain-Addison%20Wesley%20Publishing%20Company%20%281956%29.pdf>
- Branco, A. B. de G., Branco, E. P., Iwasse, L. F. A., & Nagashima, L. A. (2018). Alfabetização e letramento científico na BNCC e os desafios para uma educação científica e tecnológica. *Revista Valore*, 3, 702–713. <https://doi.org/10.22408/revav302018174702-713>
- Brasil. (1996). *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Presidência da República. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm
- Brasil. (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos parâmetros curriculares nacionais*. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Fundamental. <https://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>
- Brasil. (2017). *Base Nacional Comum Curricular: Educação infantil e ensino fundamental*. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Básica. <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Demo, P. (2000). *Educação e competência* (2^a ed.). Cortez.
- Dewey, J. (2023). *Experiência e educação* (R. Gaspar, Trad.). Vozes. (Obra original publicada em 1938)
- Ferraz, A. G., Pereira, E. C., Antqueira, L. S. de, Miranda, A. C. D., & Machado, C. C. (2024). Alfabetização científica na educação em ciências: Mapeamento das teses dos programas de pós-graduação brasileiros. *Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 13(1), 1–26. <https://doi.org/10.35819/tear.v13.n1.a7047>
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra.
- Galimova, E. G., Zakharishcheva, M. A., Kolomoets, E. N., Chistyakov, A. A., Prokopyev, A. I., Beloborodova, A. V., & Ilaeva, R. A. (2023). A review of research on pedagogical content knowledge in science and mathematics education in the last five years. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(2), Artigo e2223. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12837>
- Hodson, D. (2010). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Lemke, J. L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: Nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 5–12. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3810>
- Maia, P. F., & Justi, R. (2008). Desenvolvimento de habilidades no ensino de ciências e o processo de avaliação: Análise da coerência. *Ciência & Educação (Bauru)*, 14(3), 431–450. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000300005>
- McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for “intelligence”. *American Psychologist*, 28(1), 1–14. <https://doi.org/10.1037/h0034092>

- Miranda, R. S., & Lorençini Júnior, Á. (2024). O uso da experiência de aprendizagem mediada para a construção das competências de contexto e observação à educação científica. *Olhar de Professor*, 27, 1–24. <https://doi.org/10.5212/OlharProfr.v.27.22136.019>
- Mota, C. B. (2021). *O conceito de competência: Origem e aplicações na educação* [Dissertação de mestrado, Universidade de Sorocaba]. Repositório Institucional UNISO. <https://repositorio.uniso.br/server/api/core/bitstreams/46da8200-9fed-4d05-975c-334df62eefda/content>
- OCDE. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, global competence and financial literacy*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P., & Pro Bueno, A. (Eds.). (2012). *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Graó.
- Perrenoud, P. (1999). *Construir as competências desde a escola*. Artmed.
- Perrenoud, P. (2000). *Dez novas competências para ensinar*. Artmed.
- Sacristán, J. G. (2011). Dez teses sobre a aparente utilidade das competências em educação. In J. G. Sacristán (Ed.), *Educar por competências: O que há de novo?* (pp. 13–38). Artmed.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2011). Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59–77. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>
- Sasseron, L. H. (2018). Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: Uma mirada para a base nacional comum curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 1061–1085. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Silva, A. F., & Gomes, S. dos S. (2023). A noção de competência como discurso hegemônico na política educacional e na formação de professores no Brasil. *Momento – Diálogos em Educação*, 34(1). <https://doi.org/10.63595/momento.v34i1.18288>
- Spady, W. G. (1977). Competency-based education: A bandwagon in search of a definition. *Educational Researcher*, 6(1), 9–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X006001009>
- Tardif, M. (2012). *Saberes docentes e formação profissional*. Vozes.
- Umpiérrez Orono, S. (2020). *Análisis de trabajos finales de grado de la carrera de Maestra/o en Educación Primaria de Uruguay*. Consejo de Formación en Educación. <http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/1408>
- Wendt, L. G., Costa, A. C., & Machado, R. F. (2025). Convergências entre competência científica e competências infocomunicacionais: Integrando abordagens de enfrentamento à desinformação. *Revista Informação na Sociedade Contemporânea*, 9(1), Artigo e38209. <https://doi.org/10.21680/2447-0198.2025v9n1ID38209>