

Contribuições dos métodos mistos para a análise de uma formação continuada de professores(as) baseada na Educação Científica Crítica

Contributions of Mixed Methods to the Analysis of In-Service Teacher Education Based on Critical Science Education

Nayara Nogueira Soares Marra¹

Denise de Freitas²

Ruan de Oliveira Coelho³

Resumo

A Educação Científica Crítica (ECC) busca promover uma formação docente alinhada a uma perspectiva cidadã, emancipatória e ancorada nos estudos Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e no paradigma da complexidade. Considerando a predominância de pesquisas qualitativas na área, este estudo tem como objetivo analisar de que maneiras um desenho de pesquisa de métodos mistos possibilita examinar, corroborar ou tensionar tendências identificadas em um processo de formação continuada de professores(as) de Ciências baseado na ECC. A investigação foi realizada em um curso de formação continuada com docentes da educação básica, que participaram de um questionário fundamentado na Ferramenta Avaliativa CTS (FACTS) e de debates formativos. Os dados quantitativos foram analisados por meio de estatística descritiva (média, moda e moda relativa), enquanto os dados qualitativos foram examinados por meio da Análise Textual Discursiva, articulada à Taxonomia de Bloom bidimensional. Os resultados indicam convergência entre os métodos, especialmente no que se refere à baixa frequência de aspectos associados à metacognição, à interdisciplinaridade e à reflexão sobre a prática docente. Conclui-se que a articulação entre métodos qualitativos e quantitativos, mesmo com o uso de estatística simples, amplia a compreensão do fenômeno investigado e mostra-se promissora para pesquisas em formação de professores(as) de Ciências.

Palavras-chave: Educação Científica Crítica; formação docente; métodos mistos de pesquisa; CTS.

Abstract

Critical Science Education (ECC) aims to promote teacher education aligned with civic, emancipatory, and socially grounded perspectives, based on Science-Technology-Society (STS) studies and the complexity paradigm. Considering the predominance of qualitative research in the field, this study aims to analyze how a mixed methods research design enables

¹ Universidade Federal de São Carlos | nayara.nsmarra@gmail.com

² Universidade Federal de São Carlos | dfreitas2011@gmail.com

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro | ruancoelho@ufrj.br

the analysis, corroboration, or tensioning of trends identified in a continuing education program for science teachers grounded in ECC. The study was conducted in a continuing education course with basic education teachers, who participated in a questionnaire based on the STS Assessment Tool (FACTS) and in formative debates. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics (mean, mode, and relative mode), while qualitative data were examined through Discursive Textual Analysis, articulated with the revised two-dimensional Bloom's Taxonomy. The results indicate convergence between the methods, particularly regarding the low frequency of aspects related to metacognition, interdisciplinarity, and reflection on teaching practice. It is concluded that articulating qualitative and quantitative methods, even through simple statistical procedures, broadens the understanding of the investigated phenomenon and represents a promising approach for research in science teacher education.

Keywords: Critical Science Education; teacher training; mixed research methods; STS.

Introdução: estudos educacionais e educação científica em tempos complexos

Em meados do século XX, alguns pensadores iniciaram o debate sobre os aspectos sociais da ciência (Palacios *et al.*, 2003). Estas reflexões contribuíram para a construção de uma sociologia da ciência ou dos estudos das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Edgar Morin está entre os pensadores da Sociologia da Ciência e propõe transformações sociais por meio de novas formas de organizar o saber e a informação (Morin, 2015). Uma das críticas de Morin é a separação excessiva entre os saberes — especialmente o científico —, que leva a problemas complexos serem tratados de forma unidimensional (Morin, 2015). Um exemplo de uma abordagem complexa de um problema é considerar que uma escola que enfrenta baixos índices de alfabetização em suas turmas não poderá ser auxiliada apenas por especialistas em educação: aspectos sociais, ambientais, econômicos e de saúde da comunidade escolar fatalmente deverão ser abordados para a melhoria do aprendizado discente. A necessidade de respeitar a complexidade dos problemas reais tem sido discutida por especialistas, como Kurtz e Snowden (2003) apud Pietrocola *et al.* (2021). Para eles, devemos considerar ao menos três dimensões para solucioná-los: a profundidade dos conhecimentos envolvidos, a quantidade de informação disponível e a urgência. Tais dimensões, além de caracterizarem o problema, nos ajudam a compreender se e como ele pode ser enfrentado.

Neste contexto de busca por conhecimento sobre a realidade e por soluções que respeitem suas características, é importante considerar as ferramentas metodológicas da ciência. Considerando a complexidade do real, a dicotomia entre métodos qualitativos e quantitativos é amplamente criticada por diversos estudiosos (Gatti, 2012; Bauer *et al.*, 2018), especialmente por representar uma divisão entre as Ciências Humanas, as Ciências Naturais e as Exatas. Creswell (2007) sugere que aspectos epistemológicos mais profundos sejam considerados na caracterização de uma pesquisa e, se relevantes ao estudo, incentiva a integração de métodos mistos para responder à questão de pesquisa. Bauer *et al.* (2018) apontam que a articulação entre as partes que compõem um estudo e seus impactos sociais é mais relevante do que a separação entre metodologias qualitativas e quantitativas.

Esta reflexão é especialmente relevante em um país como o Brasil, que, por sua extensão e diversidade sociocultural, pode se beneficiar do uso de pesquisas quantitativas na construção de políticas públicas em educação (Gatti, 2012). Esta ideia é reforçada em Marra (2023), que tem como objetivo compreender como estudos brasileiros e internacionais investigam a relação entre professores e as propostas curriculares oficiais. Em 25 artigos sobre o tema, Marra (2023) observou predominância de estudos qualitativos realizados por pesquisadores brasileiros, em contraste com o uso de metodologias mais diversificadas em estudos de outros países. Por isso, o uso de métodos quantitativos pode contribuir para estudos educacionais nacionais ao indicar novas perspectivas e nuances sobre seus objetos de estudo. Nesse sentido, nossa pesquisa relaciona-se às propostas reflexivas de Creswell (2007) e Bauer *et al.* (2018) para responder à questão norteadora: *De que maneiras um desenho de pesquisa de métodos mistos possibilita analisar, corroborar ou tensionar tendências identificadas na formação continuada de professores(as) em Educação Científica Crítica?*

Para esclarecer o surgimento dessa pergunta, é necessário explicar o contexto de nossa pesquisa: um grupo de professores(as) de Ciências da Natureza, que lecionam em escolas públicas brasileiras, participou de um curso de formação continuada sobre a Educação Científica Crítica (ECC). A ECC é uma concepção educacional para o ensino de Ciências sobre a qual falaremos no próximo tópico. Na primeira aula do curso de formação, os(as) professores(as) participantes responderam a um questionário que relacionava aspectos metodológicos, conceituais e atitudinais da ECC, de modo a posicionarem-se sobre esses aspectos. Para tanto, tais dados foram analisados por meio da média, da moda e da moda relativa. Em seguida, analisamos os debates ocorridos durante o curso por meio da Análise Textual Discursiva (ATD), a fim de investigar de que maneiras os(as) profissionais se posicionaram sobre a ECC por meio de suas falas. Apresentaremos tais tendências de modo a alcançar o objetivo deste trabalho: avaliar de que maneiras um desenho de pesquisa de métodos mistos possibilita analisar, corroborar ou tensionar as tendências identificadas na formação continuada de professores(as) em Educação Científica Crítica.

Acreditamos que este debate é relevante para respaldar a efetividade das medidas estatísticas que escolhemos, além de exercitar as contribuições da relação entre métodos mistos nas pesquisas educacionais. Ferramentas metodológicas diversas podem contribuir para a compreensão da complexidade inerente aos diversos interesses de pesquisa, em especial à educação (Morin, 2015).

Educação Científica Crítica: uma parceria entre universidade e escola para a melhoria do ensino de ciências

A Educação Científica Crítica é uma concepção oriunda de um estudo realizado por Freitas *et al.* (2019), com o objetivo de investigar quais saberes, competências e práticas os(as) pesquisadores(as) do ensino de ciências consideram prioritários para o desenvolvimento de uma educação científica reflexiva e alinhada às demandas sociais atuais. A pesquisa foi conduzida por meio da aplicação do método Delphi em um grupo de 37 especialistas da América Latina (Argentina, Brasil, Chile e Colômbia) e da Europa (Portugal e Espanha). Este método consiste no envio de questionários sequenciais a um grupo de pessoas para investigar tendências em seus discursos por meio da construção paulatina de pontos consensuais (Marques; Freitas, 2018). Tais pontos embasaram a construção dos pressupostos da Educação

Científica Crítica (ECC), além do paradigma da complexidade (Morin, 2015) e dos estudos das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (Auler e Bazzo, 2001).

A Educação Científica Crítica tem como objetivo contribuir para a transformação da sociedade, reduzindo as desigualdades sociais e promovendo a sustentabilidade. Para isso, envolve a compreensão da natureza da ciência, da função social da escola e da educação no desenvolvimento do pensamento crítico. Ela é concebida como uma educação cidadã e emancipatória, que entende a ciência como uma prática social que interage com valores e diversos saberes. A criticidade da ECC se alicerça em um ensino CTS que permite aos(as) estudantes uma postura mais crítica em relação aos problemas sociais relativos à Ciência, Tecnologia e Sociedade e que incentive a participação pública em decisões relacionadas à C&T e aos seus usos. Esta abordagem educacional questiona a racionalidade técnica e instrumental da ciência e reconhece os diferentes interesses associados aos conhecimentos humanos, com crítica à indústria cultural e reivindicação de uma formação cultural ampla. Ela tem como meta a sustentabilidade socioambiental, ser multidimensional, rigorosa, holística e relacional, comprometida com o princípio da precaução, socialmente responsável e apoiada na mudança sociocultural rumo à sustentabilidade (Freitas *et al.*, 2019).

Ferramenta Avaliativa CTS (FACTS)

Quadro 1 – Eixos e critérios da ferramenta FACTS

Eixos	Descrição em nível expert
A – Processos de ensino e aprendizagem	1) Desenvolvimento dos temas emergentes da sociedade; 2) Incentivo ao pensamento crítico e criativo; 3) Proposição ou desenvolvimento de um enfoque interdisciplinar; 4) Favorecimento à construção de posicionamentos; 5) Proposição de abordagens metodológicas específicas: i) uma visão tolerante do conhecimento para incluir a visão dos alunos; ii) os modos investigativos das ciências; iii) as competências metacognitivas; iv) a formação de processos coletivos e de trabalhos em grupo; v) o uso do espaço da cidade como contexto educativo; vi) o estímulo para perguntas e práticas criativas; 6) Organização do currículo visando uma educação para a cidadania.
B – Visão/Produção de C&T	7) Construção do conhecimento científico e tecnológico; 8) Articulações entre a Ciência & Tecnologia e suas representações que circulam na sociedade; 9) Compreensão da C&T como práticas contextualizadas; 10) Caracterização da C&T como construção social; 11) Compreensão da não neutralidade da C&T e/ou da educação científica.
C – Cidadania/Ação	12) Participação consciente e crítica no desenvolvimento da sociedade. 13) Participação cidadã em questões envolvendo conhecimentos da Tecnociência; 14) Análise dos impactos da Ciência e Tecnologia; 15) Construção de identidade/pertencimento (inclusão) e de valores; 16) Reflexão sobre perspectivas democráticas e emancipatórias para escolhas individuais.

Fonte: Freitas *et al.* (2022)

Uma vez estabelecidos os pressupostos da ECC, Freitas *et al.* (2022) usaram-nos para construir a Ferramenta Avaliativa CTS (FACTS), cujo objetivo é contribuir para a avaliação de práticas de ensino, materiais didáticos e processos educativos voltados ao ensino de ciências na educação básica e à formação docente. A FACTS apresenta um formato de rubrica, o que esclarece os critérios de avaliação, ordenando-os de forma sucessiva e com explicações

qualitativas para cada um dos níveis (Latorre; Varela, 2018). A FACTS é composta por 16 critérios, organizados em: eixo A – Processos de Ensino/Aprendizagem, eixo B – Visão/Produção de C&T e eixo C – Cidadania/Ação. O primeiro eixo relaciona-se a aspectos metodológicos, o segundo, a aspectos conceituais, e o terceiro, às atitudes a serem desenvolvidas em uma Educação Científica Crítica (Quadro 1). Cada um dos critérios da FACTS é explicado e avaliado em cinco níveis de qualidade: não apresenta, principiante, aprendiz, avançado e expert. A ferramenta FACTS está disponível na internet de forma gratuita e tem sido divulgada para professores(as) e licenciandos(as) em cursos de Ciências da Natureza.

O que apontaram as análises qualitativas: falas dos professores(as) participantes da formação continuada sobre a ECC

Quadro 2: Critérios menos e mais debatidos da FACTS no curso de formação continuada

Eixos	Critérios mais debatidos	Critérios menos debatidos
A - Processos de ensino e aprendizagem	Desenvolvimento dos temas emergentes da sociedade: desenvolvimento de temas considerando uma perspectiva didática crítica que vise o desenvolvimento de ações transformadoras, por meio da abordagem de questões sociocientíficas e de problemas da realidade próxima, estimulando a tomada de decisões/ações por parte dos alunos.	Proposição de abordagens metodológicas específicas: enfatiza [...] metodologias de ensino e de aprendizagem que envolvam: i) uma visão tolerante do conhecimento para incluir a visão dos alunos; ii) os modos investigativos das ciências; iii) as competências metacognitivas; iv) a formação de processos coletivos e de trabalhos em grupo; v) o uso do espaço da cidade como contexto educativo; vi) o estímulo para perguntas e práticas criativas.
B - Visão/Produção de C&T	Articulações entre a Ciência & Tecnologia e suas representações que circulam na sociedade: estabelece articulações entre a Ciência & Tecnologia e suas representações que circulam na sociedade, evidenciando as correlações entre os processos e resultados da produção científica.	Construção do conhecimento científico e tecnológico: enfatiza construção do conhecimento científico e tecnológico pelos alunos: i) leva em consideração o papel da História, Filosofia e Sociologia da Ciência; ii) relaciona os diferentes procedimentos e finalidades da C&T; iii) pressupõe a relação de dependência e independência entre eles, numa perspectiva da Tecnociência.
C - Cidadania/Ação	Reflexão sobre perspectivas democráticas e emancipatórias para escolhas individuais: apresenta diferentes pontos de vista em relação a questões sociais e questões ambientais, com espaços para os indivíduos exprimirem sua humanidade.	Participação consciente e crítica no desenvolvimento da sociedade: propicia aprendizagens que permitam uma participação consciente e crítica no desenvolvimento de uma sociedade a partir da construção de conhecimentos, valores ou experiências de ação que levem em consideração os conceitos de sustentabilidade, equidade e justiça social.

Fonte: dados de pesquisa

A realização de uma formação continuada em Educação Científica Crítica foi uma das iniciativas para aproximar a ECC da educação escolar e dos(as) professores(as) da educação

básica. Os debates realizados durante o curso ocorreram ao longo de onze encontros e somaram 21 horas de gravação devidamente autorizadas pelos(as) envolvidos(as). Os áudios foram transcritos e analisados por meio da Análise Textual Discursiva (ATD), uma vez que ela permite atribuir significado aos dados pelo(a) pesquisador(a) sem desvinculá-los de seu contexto de produção (Moraes, 2003). Tais análises apontaram 83 interações nas quais os(as) professores(as) debatiam, direta ou indiretamente, os critérios da FACTS e, consequentemente, os pressupostos da Educação Científica Crítica. Desse modo, analisamos a frequência com que os critérios (por eixo) eram apresentados nas falas dos(as) profissionais ao longo da formação (Quadro 2).

Estes critérios foram analisados de acordo com a Taxonomia de Bloom Bidimensional Revisada, que organiza e classifica objetivos educacionais em diferentes complexidades (Ferraz; Belhot, 2010). Ela apresenta seis verbos em ordem crescente de complexidade e são associados às dimensões do conhecimento, que são quatro: i) factual, que considera os conhecimentos básicos para a compreensão e a solução de problemas; ii) conceitual, na qual os estudantes são capazes de compreender modelos e esquemas; iii) procedural, na qual os(as) educandos(as) tornam-se capazes de utilizar métodos e algoritmos em um contexto disciplinar; iv) metacognitiva, em que há consciência sobre o próprio processo de aprendizagem e interdisciplinaridade (Ferraz; Belhot, 2010). Os verbos podem ser associados às dimensões e, por meio deste cruzamento, é possível a criação de objetivos educacionais. As análises que ora apresentamos, por serem lidas na íntegra em nossa pesquisa de mestrado (Marra, 2024), indicaram que as dimensões da Taxonomia de Bloom Bidimensional (Ferraz; Belhot, 2010) são mais relevantes para compreender as tendências observadas do que os verbos; por isso, focaremos nelas.

Dentre os critérios menos debatidos pelos professores, estão aqueles que demandam ações associadas ao domínio do conhecimento metacognitivo: o desenvolvimento dos temas emergentes da sociedade (eixo A) exige interdisciplinaridade com problemas da realidade próxima da comunidade escolar, além de abordar aspectos atitudinais associados à resolução de problemas. A interdisciplinaridade também é observada no critério *reflexão sobre perspectivas democráticas e emancipatórias para escolhas individuais* (eixo C), uma vez que demanda a associação do currículo de Ciências com questões atuais e mais amplas, associadas à sociedade e ao ambiente. Além disso, também demanda metacognição. Possibilitar que os estudantes e demais atores sociais expressem sua humanidade perpassa o conhecimento da própria humanidade, de sua capacidade de aprendizado e de expressão. Já *articulações entre a Ciência & Tecnologia e suas representações que circulam na sociedade* do eixo B demandam interdisciplinaridade com o conhecimento popular, além de metacognição, uma vez que o saber popular muda constantemente e é necessário constante estudo. As dificuldades na interdisciplinaridade neste critério também se revelaram na escassez de discussões sobre aspectos conceituais da tecnologia. É importante considerar, também, que estes critérios são claros e diretos em suas descrições.

Em contrapartida, os critérios mais debatidos são bem mais amplos. Explicamos: *proposição de abordagens metodológicas específicas* (eixo A) possui diferentes abordagens, inclusive algumas que são bastante disciplinares do ensino de Ciências. Aspectos metacognitivos deste critério foram pouco debatidos pelos(as) professores(as) durante o curso (Marra, 2024). Algo semelhante ocorreu na construção do conhecimento científico e tecnológico do eixo B: debates sobre os aspectos i e ii - natureza e impactos da tecnociência - foram mais debatidos do que o aspecto iii, que aborda as relações entre seus métodos e

finalidades. Além disso, caso sejam abordados superficialmente, os aspectos i e ii podem ser usados para “dourar a pílula” (Santos e Mortimer, 2000). O critério *participação consciente e crítica no desenvolvimento da sociedade* também é amplo e pode possibilitar interpretações mais ou menos críticas, pois podem ser entendidas de diversas formas pelos(as) professores(as) (Wartha; Silva; Bejarano, 2013; Brito; Sousa, 2015). Logo, notamos uma tendência ao longo dos debates: quando os critérios da FACTS exigem claramente que os(as) professores(as) apresentem aspectos metacognitivos da Taxonomia de Bloom, os debates tornam-se menos frequentes. Isso pode apresentar pontos da Educação Científica Crítica que sejam mais desafiadores ou menos conhecidos ou interessantes para os(as) profissionais participantes do curso.

Considerando esses resultados, buscamos relacioná-los com os dados quantitativos, que coletamos no início da formação continuada por meio de um questionário, de modo a responder à questão que motiva nossa análise: *De que maneiras um desenho de pesquisa de métodos mistos possibilita analisar, corroborar ou tensionar tendências identificadas na formação continuada de professores(as) em Educação Científica Crítica? A seguir, apresentamos como coletamos e analisamos tais dados qualitativos.*

Metodologia

Contexto

Na primeira aula do curso de formação continuada sobre a Educação Científica Crítica e a FACTS, os professores de Ciências participantes responderam ao questionário que buscava sondar o posicionamento dos(as) professores(as) quanto aos critérios da ferramenta e, consequentemente, aos pressupostos da ECC. Vinte e um professores(as) preencheram o instrumento. É importante ressaltar que o questionário foi baseado nas propostas de Lakatos e Marconi (2003), que recomendam a realização de um pré-teste. Dessa forma, antes da formação, três professores(as) de ciências da natureza verificaram a clareza da linguagem e mensuraram o tempo de resposta, que foi de aproximadamente 10 minutos.

Instrumento de coleta de dados

Para a construção do questionário, os critérios de cada um dos eixos da FACTS foram transformados em ações docentes. Era importante conhecer com que frequência os professores realizavam cada uma dessas ações e, para isso, construímos o questionário de acordo com a escala de Likert (Macedo, 2020), que permite sondar atitudes e características dos indivíduos por meio de uma escala de 5 pontos. Por se tratar de uma escala associada à frequência, os pontos apresentados foram: nunca, raramente, ocasionalmente, frequentemente e muito frequentemente. A ferramenta FACTS, construída em formato de rubrica, também apresenta 5 níveis de desenvolvimento de seus critérios, de modo que foi possível estabelecer uma correspondência entre a escala Likert e estes níveis de desenvolvimento, como apresentamos no Quadro 3.

Quadro 3 – Correspondência entre os níveis dos critérios FACTS e os pontos da escala Likert

Níveis de desenvolvimento dos critérios	Pontos da escala Likert
1 - Não apresenta	Nunca
2- Principiante	Raramente
3 – Aprendiz	Ocasionalmente
4- Avançado	Frequentemente
5 – Expert	Muito frequentemente

Fonte: dados de pesquisa

Uma vez apresentadas as correspondências que permitiram a elaboração do questionário baseado na Ferramenta FACTS, apresentamos um trecho do questionário respondido pelos professores (Quadro 4), que mostra as ações docentes e sua relação com pontos da escala de Likert. O formulário original conta com 34 afirmações. O algarismo associado ao nível de desenvolvimento/ponto da escala Likert foi empregado na análise estatística a seguir.

Quadro 4 – Representação do questionário respondido pelos professores

EIXO A - Processos de ensino-aprendizagem					
Ações docentes	Frequência ⁴				
	1	2	3	4	5
1. Consigo desenvolver aulas que estimulem o desenvolvimento de ações transformadoras por parte dos(as) estudantes.					
2. Conheço as questões sociocientíficas e desenvolvo-as em minhas aulas					
3. As aulas que desenvolvo se relacionam a problemas da realidade próxima dos(as) estudantes(as).					
[...]					

Fonte: dados de pesquisa

Análise de dados: estatística e educacional

Iniciamos a análise estatística pela média das respostas dos professores para cada critério. Nosso principal objetivo era investigar qual era o nível médio de desenvolvimento dos critérios da FACTS apresentados pelo grupo. Contudo, era importante considerar o quão representativo era aquele valor médio, ou seja, o quanto os professores concordavam ou discordavam da construção desse valor. Para tanto, selecionamos medidas estatísticas que expressassem os resultados da forma mais clara possível. Neste contexto, a moda apresentou-se como uma ferramenta útil, uma vez que expressa, de forma intuitiva, o valor que ocorre com maior frequência em um conjunto de dados. Por exemplo, se a maioria dos(as) professores(as) respondeu que não realiza um critério da FACTS, a moda para este critério será: “não apresenta”. Além disso, a moda permite o cálculo da moda relativa, que é o número de vezes em que a moda ocorre no total de respostas (Prates, 2017), conforme a equação a seguir.

$$\text{Moda relativa} = \frac{\text{Quantidade de vezes que a moda (resposta mais frequente) aparece}}{\text{Número total de respostas}}$$

⁴ Legenda: 1 - Nunca; 2 - Raramente; 3 - Ocasionalmente; 4 - Frequentemente; 5 - Muito frequentemente

A moda relativa ajuda a avaliar o quanto as respostas dos professores(as) concordam ou discordam entre si: quando a moda relativa é alta, indica que o grupo concorda muito entre si, de modo que a média expressa bem a opinião da maioria. Se a moda relativa é baixa, o grupo não concorda tanto, o que torna a média menos representativa da opinião geral. Acreditamos que o uso da média, em conjunto com a moda relativa, nos ajudou a respeitar um pouco mais a complexidade da realidade que buscamos discutir. Além disso, facilitou a comunicação de nossa pesquisa.

Após a análise estatística, selecionamos os critérios com maior e menor média em cada eixo, a fim de compreender em quais critérios os(as) professores apresentavam maior e menor aproximação da FACTS, respectivamente. Assim como realizado com os dados qualitativos, usamos a Taxonomia de Bloom Bidimensional para analisar os critérios selecionados. Deste modo, discutimos as tendências observadas em ambas as análises, a fim de avaliar de que maneiras os dados quantitativos podem reforçar ou contrastar as tendências identificadas em análises qualitativas sobre a formação continuada de professores(as) em Educação Científica Crítica.

Resultados e discussão

As afirmações com as menores e maiores médias, respectivamente, e suas modas relativas, para cada um dos eixos da FACTS, encontram-se na Quadro 5.

Quadro 5– Afirmações com as menores e maiores médias e suas modas relativas

Eixos	Afirmações com menores médias	Afirmações com maiores médias
A - Processos de ensino e aprendizagem	12. Em aulas experimentais, busco desenvolver competências metacognitivas. Aprendiz (Média = 3,1 Moda relativa = 50%)	4. Busco desenvolver o pensamento crítico e criativo nos(as) estudantes por meio da argumentação, da investigação e do uso de diferentes linguagens. Avançado (Média = 4,1 Moda relativa = 40%)
	14. Em aulas experimentais, uso o espaço da cidade como contexto educativo. Aprendiz (Média = 3,1 Moda relativa = 40%)	8. Em minhas aulas, crio espaços nos quais os(as) estudantes podem se posicionar (individual ou coletivamente), de forma criativa. Avançado (Média = 4,1 Moda relativa = 55%)
	16. Organizo os conteúdos curriculares de acordo com temáticas sociais atuais e não de acordo com a ordem tradicional dos conteúdos. Aprendiz (Média = 3,1 Moda relativa = 55%)	
B - Visão/ Produção de C&T	3. Em minhas aulas, discuto sobre as relações de dependência e independência entre o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico. Aprendiz (Média = 3,3 Moda relativa = 60%)	8. Apresento a ciência e tecnologia de forma crítica, considerando os interesses que motivam a construção destes conhecimentos. Avançado (Média = 4,0 Moda relativa = 75%)
	5. Artigo os impactos tecnocientíficos com a imagem/representação da ciência e da tecnologia na sociedade. Aprendiz (Média = 3,3 Moda relativa = 45%)	

Quadro 5– Afirmações com as menores e maiores médias e suas modas relativas (cont.)

C - Cidadania/ Ação	4. Como parte da atuação consciente na sociedade, estímulo a participação cidadã dos estudantes em temas e agendas de pesquisa. Aprendiz (Média = 3,4 Moda relativa = 50%)	2. Propicio aprendizagens que incentivam a participação na construção de saberes, valores e experiências de ação baseadas em conceitos de sustentabilidade, equidade e justiça social. Avançado (Média = 4,0 Moda relativa = 60%)
---------------------------	---	--

Fonte: dados de pesquisa

Os critérios com menor média de resposta

Reunimos os critérios com a menor média para observar tendências comuns aos eixos da FACTS. Para o eixo A (Processos de ensino e aprendizagem), associado aos aspectos metodológicos da Educação Científica Crítica, observamos que a afirmação 12: *"Em aulas experimentais, busco desenvolver competências metacognitivas"* apresentou-se no nível Aprendiz. De acordo com a Taxonomia de Bloom Bidimensional (Ferraz e Belhot, 2010), o verbo "desenvolver" está relacionado à categoria Aplicar, que se refere à habilidade de aplicar saberes e modelos aprendidos em contextos concretos. Já a dimensão do conhecimento é a mais complexa: a metacognitiva, que abrange a capacidade de refletir sobre o próprio aprendizado e de articular saberes disciplinares para resolver problemas (Ferraz, Belhot, 2010). É possível realizar uma análise semelhante na afirmação 14: *"Em aulas experimentais, uso o espaço da cidade como um contexto educativo."* A ação "usar" também pode ser associada ao verbo Aplicar, que é o terceiro em nível de complexidade; contudo, o domínio é, novamente, metacognitivo: realizar atividades educativas em um contexto diferente da sala de aula, como a cidade. Este movimento envolve reflexão sobre o próprio aprendizado enquanto professor(a): colocar-se em situações mais arrojadas, diferentes e que demandam uma abordagem menos disciplinar (Ferraz, Belhot, 2010).

Além das afirmações supracitadas, a de número 16 também apresentou a menor média de respostas, associada ao nível Aprendiz: *"Organizo os conteúdos de acordo com temáticas sociais atuais e não de acordo com a ordem tradicional dos conteúdos."* A ação "organizar" também pode ser associada ao verbo Analisar, uma vez que consiste em dividir a informação e priorizar as mais relevantes. Contudo, novamente, o domínio é metacognitivo: é necessário que o profissional reflita sobre a sua atuação, aprenda sobre temáticas atuais, além de construir uma proposta curricular mais autônoma em relação às tendências curriculares tradicionais. Podemos considerar, ainda, que se trata de um processo interdisciplinar, pois relaciona a saberes sociais e atuais ao ensino de ciências escolares (Ferraz, Belhot, 2010).

Para o eixo B (Visão e Percepção de C&T na Sociedade), associado aos aspectos conceituais da Educação Científica Crítica, observamos a afirmação 3: *"Em minhas aulas, discuto as relações de dependência e independência entre o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico."* A ação "discutir" pode ser associada ao verbo Avaliar da Taxonomia de Bloom, uma vez que demanda o entendimento, a análise e a emissão de julgamentos baseados em critérios. Este é o segundo verbo mais complexo da taxonomia. Em relação ao domínio de conhecimento, a afirmativa pode ser associada ao metacognitivo, uma vez que abarca a interdisciplinaridade, ao associar o conhecimento tecnológico ao conhecimento científico e, ainda, propõe um debate sobre as relações de (in)dependência entre eles. A afirmativa 3 pode se tornar ainda mais complexa quando consideramos que a abordagem dos saberes tecnológicos deve respeitar suas peculiaridades. Palacios *et al.* (2003)

auxiliam na desconstrução de alguns mitos sobre a tecnologia, como a ideia positivista de que a tecnologia pode ser reduzida à aplicação da ciência. Há uma relação estreita entre ciência e tecnologia, contudo, sem uma hierarquia definida. Afinal, avanços tecnológicos, como a invenção de computadores e de instrumentos, impactam o desenvolvimento da ciência. Além disso, a tecnologia tem uma abordagem própria da realidade, de forma menos idealizada e considerando dados muitas vezes desprezados pela ciência (Palacios *et al.*, 2003). Há ainda outras faces da tecnologia que podem ser debatidas, o que torna compreensível que a afirmação 3 seja uma das desafiadoras do eixo B, na visão dos(as) professores(as).

Outra afirmação cuja média foi associada ao nível Aprendiz é a 5: *"Articulo os impactos tecnocientíficos com a imagem/representação da ciência e da tecnologia na sociedade"* que apresenta o verbo "articular", que pode ser associado à ação de analisar: capacidade de fracionar a informação, priorizar e relacioná-la a outros contextos. Já a dimensão do processo cognitivo é metacognitiva (Ferraz e Belhot, 2010) uma vez que exige uma abordagem interdisciplinar, que envolve o saber tecnocientífico com discursos do âmbito social e do senso comum. Além disso, podemos associar esta afirmativa à capacidade docente de confrontar seus saberes com as representações da ciência e da tecnologia, que se alteram com certa frequência no âmbito social. De acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) (2019), as ideias sobre as tecnociências variam bastante ao longo dos anos, o que representa um desafio adicional para os professores e as professoras de ciências. Desta forma, a afirmação também exige metacognição, pois exige compreender seu aprendizado e sua necessidade permanente de revisão. Neste sentido, é natural que, pela sua complexidade, os docentes apresentem menor facilidade — representando-se como aprendizes — para articular os impactos tecnocientíficos com a representação da ciência e da tecnologia na sociedade.

Finalmente, o eixo C (Cidadania/Ação), que relaciona os aspectos atitudinais da ECC, a afirmativa com menor média, associada ao nível Aprendiz, é a de número 4: *"Como parte da atuação consciente na sociedade, estímulo a participação cidadã dos estudantes em temas e agendas de pesquisa."* A ação de "estimular" pode ser associada ao verbo Aplicar, uma vez que se relaciona a um procedimento ou uma postura em um contexto. Já o domínio do conhecimento é o metacognitivo (Ferraz, Belhot, 2010), que abarca a interdisciplinaridade: ser capaz de associar a educação escolar com discussões sobre agendas de pesquisa, que geralmente não são corriqueiras na escola, e por vezes, nem mesmo no debate sobre políticas públicas brasileiras. Auler e Bazzo (2001) debatem, com base no Pensamento Latino-Americano CTS, que, na América Latina, é comum o entendimento de que ciência e tecnologia são saberes a serem importados de países mais desenvolvidos, o que impacta o fomento do desenvolvimento desses campos no Brasil. Neste sentido, é compreensível que a afirmativa estimule a participação cidadã dos estudantes em agendas de pesquisa, o que se reflete na menor média do eixo C.

Os critérios com maior média de resposta

As afirmativas com a maior média nos três eixos podem ser associadas ao nível Avançado da FACTS. Para o eixo A (Processos de ensino e aprendizagem), observamos a predominância do domínio do conhecimento procedural — menos complexo do que o metacognitivo —, que consiste na capacidade de adotar métodos, empregar critérios, técnicas e algoritmos em um contexto disciplinar (Ferraz, Belhot, 2010). Por exemplo, na afirmação 4, "Busco desenvolver o pensamento crítico e criativo nos(as) estudantes por meio da argumentação,

da investigação e do uso de diferentes linguagens”, são apresentadas abordagens metodológicas próprias do ensino de ciências, que não demandam claramente um viés interdisciplinar. É importante considerar, ainda, que os entendimentos sobre o que é e como realizar abordagens educacionais tendem a variar entre os(as) professores(as) (Wartha; Silva; Bejarano, 2013; Brito; Sousa, 2015; Freitas *et al.* 2019). E é com base no seu próprio entendimento que eles(as) autoavaliaram sua tendência a realizar ou não a afirmativa. Sobre o verbo, a ação de “desenvolver” pode ser associada ao verbo Aplicar da taxonomia de Bloom, uma vez que expressa uma postura em um dado contexto.

Já a afirmativa 8 consiste em “Em minhas aulas, crio espaços nos quais os(as) estudantes podem se posicionar (individual ou coletivamente), de forma criativa”. Notamos a presença do verbo Criar, que é uma ação mais elaborada que Aplicar. Neste sentido, o profissional precisa dominar amplamente os assuntos e habilidades mencionados na afirmação, de modo que crie a oportunidade de seu aprendizado durante a aula; no caso, a habilidade é o posicionamento criativo. Novamente, a compreensão do que é um posicionamento criativo pode variar amplamente entre os(as) profissionais, o que impacta a autoavaliação que eles(as) realizam. Além disso, a afirmativa não exige, claramente, uma abordagem interdisciplinar. Logo, a presença de um verbo mais complexo, Criar, nesta afirmação não necessariamente faz com que ela apresente uma complexidade elevada em comparação com as demais. Também observamos uma complexidade relativamente menor ao analisarmos a afirmação 13: “Em aulas experimentais, incentivo processos coletivos e trabalhos em grupo”. O verbo incentivar, ao denotar uma postura, também está associado ao Aplicar da Taxonomia de Bloom. Ambas as afirmações podem ser associadas ao domínio Procedural, como já afirmamos.

Para o eixo B (Visão e Percepção de C&T na Sociedade), a afirmativa com a maior média é “Apresento a ciência e tecnologia de forma crítica, considerando os interesses que motivam a construção destes conhecimentos.” Nela, observamos o verbo “apresentar”, que pode ser relacionado ao verbo Aplicar. Já a dimensão do conhecimento pode ser associada à metacognitiva proposta por Bloom, que inclui a interdisciplinaridade (Ferraz, Belhot, 2010). Isto ocorre porque, para debater os interesses que perpassam a produção de C&T, são necessários diferentes saberes, além daqueles associados, tradicionalmente, à ciência escolar. Contudo, esta discussão pode ser realizada de forma menos profunda em comparação com as propostas pelas afirmativas 3 e 5 do mesmo eixo, que demandam saberes mais profundos sobre Tecnologia e atualidades. Por apresentar um nível intermediário de complexidade, é natural que a afirmação apresente um nível médio de resposta em avançado.

A respeito do eixo C (Cidadania/Ação), a afirmação que apresentam maior média, é composta pelo verbo “apresentar”, que pode expressar algo a ser realizado, uma postura, um procedimento em uma situação concreta, podendo ser associado ao verbo Aplicar. O domínio do conhecimento, contudo, pode ser associado ao metacognitivo, uma vez que inclui saberes e discussões ambientais e sociais, o que pode extravasar o ensino de ciências tradicional e disciplinar. Vejamos: “Propicio aprendizagens que incentivam a participação na construção de saberes, valores e experiências de ação baseadas em conceitos de sustentabilidade, equidade e justiça social”. Contudo, a criticidade com que este debate é realizado pode variar, uma vez que temáticas socioambientais podem ser empregadas de modo introdutório ou ilustrativo em currículos tradicionais e disciplinares, como forma de “dourar a pílula” (Santos; Mortimer, 2000). Neste sentido, é natural que uma parcela

considerável dos(as) professores(as) considere que estas afirmativas sejam mais frequentemente realizadas.

Dessa forma, finalizamos a análise do questionário sobre a aproximação-distanciamento inicial dos(as) docentes cursistas em relação à FACTS. Observamos que, mais do que o verbo associado à Taxonomia de Bloom Bidimensional (Ferraz, Belhot, 2010), a dimensão do conhecimento foi mais útil para compreender as afirmações nas quais os(as) profissionais demonstraram maior ou menor aproximação. O domínio metacognitivo, que abrange maior criticidade sobre o próprio aprendizado, interdisciplinaridade e abstração, aparece como mais desafiador e, costumeiramente, é associado a discussões menos frequentes no âmbito escolar tradicional. O domínio metacognitivo também aparece em algumas afirmações com maior média, ou seja, que são mais frequentemente realizadas pelos(as) professores(as). Contudo, neste caso, são afirmações mais gerais, cuja descrição pode ser interpretada de forma menos crítica.

Esse apontamento reforça uma questão comumente mencionada na formação de professores(as) de Ciências da Natureza: diferentes compreensões de uma mesma abordagem, o que pode levar a usos menos profundos ou menos críticos. Dessa forma, as formações docentes reflexivas para a vivência da Educação Científica Crítica mostram-se fundamentais, como mencionam os próprios profissionais da educação ao longo de uma formação continuada (Marra, 2024). Além disso, as tendências observadas reforçam a potencialidade da ferramenta FACTS para identificar oportunidades de melhoria na formação docente inicial e continuada, bem como auxiliar na construção de uma educação alinhada à ECC no cotidiano escolar.

Convergências e tensões entre dados qualitativos e quantitativos em nossa abordagem de métodos mistos

A análise estatística descritiva que empregamos, ainda que relativamente simples, corroborou as tendências observadas na análise qualitativa realizada com base em dados coletados ao longo da formação continuada. Afinal, as afirmativas de critérios da FACTS com menores médias, assim como os critérios menos debatidos pelos(as) professores(as) apresentam características do domínio metacognitivo da Taxonomia de Bloom: interdisciplinaridade, metacognição e aspectos atitudinais associados à resolução de problemas. Além disso, as afirmações/critérios expressam de forma mais direta o que se espera da ação docente.

Já as afirmativas de critérios da FACTS com maiores médias, assim como os critérios mais debatidos pelos(as) professores(as), apresentam descrições amplas, de modo que podem ser realizadas considerando aspectos do domínio metacognitivo ou por meio de abordagens disciplinares ou procedimentais. Ou seja, podem ser compreendidas e realizadas em níveis distintos de criticidade e de aprofundamento. Logo, a tendência — existente no questionário inicial — manteve-se ao longo de toda a formação: os(as) professores(as) consideram mais desafiadores ou menos conhecidos/interessantes aspectos da FACTS e, conseqüentemente, da Educação Científica Crítica, associados ao domínio metacognitivo da Taxonomia de Bloom Bidimensional (Ferraz; Belhot, 2010).

Considerações finais

Podemos concluir que o uso dos métodos mistos em nossa pesquisa contribuiu para uma análise mais ampla de nosso objeto de estudo, além de corroborar as tendências identificadas em formação continuada de professores(as) em Educação Científica Crítica. A primeira delas é a importância de momentos formativos que esclareçam que a mesma abordagem educacional pode apresentar aspectos mais ou menos críticos, como já vem sendo debatido na literatura (Brito; Sousa, 2015; Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

Também destacamos a importância da metacognição nas formações docentes baseadas na Educação Científica Crítica. A metacognição pode ser associada ao questionamento e ao direcionamento do próprio aprendizado, de modo a planejar e avaliar as tarefas cognitivas. A metacognição docente fomenta processos metacognitivos em sala de aula, impactando o aprendizado dos(as) estudantes (Brabo, 2018). Apesar de suas potencialidades, Cleophas e Francisco (2018) ressaltam que estudos que a relacionam à formação de professores(as) de Ciências e a metacognição ainda são escassos. A aproximação espontânea entre a ECC e a metacognição parece reforçar as contribuições que ambas podem oferecer para a formação de professores(as). Além disso, destacamos que a metacognição, como aspecto de análise do posicionamento dos(as) professores(as) em relação à ECC, vai além de seu uso na Taxonomia de Bloom Bidimensional: parece constituir um ponto de partida para desenvolver, na ação docente, outros aspectos relevantes da Educação Científica Crítica, como a interdisciplinaridade e os aspectos atitudinais. Acreditamos que isso representa uma contribuição para futuros estudos sobre a formação de professores(as) de Ciências, em âmbito mais geral.

Por fim, consideramos que nosso estudo indica as potencialidades de métodos mistos integrados na construção de estudos educacionais, de modo a respeitar a complexidade dos diferentes contextos de pesquisa e dos problemas a serem investigados. Destacamos que empregamos medidas estatísticas simples, que podem facilitar tanto a análise quanto a comunicação dos resultados do estudo, e que, ainda assim, foram eficazes em apontar tendências. Acreditamos que esta é uma contribuição relevante para o ensino de Ciências, mas também para a construção de pesquisas que integram diferentes áreas do conhecimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil (Processos nº 2024/09052-8 e 2024/23598-3) e do CNPq (Processo nº 314315/2021-7).

Referências

- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, v. 7, p. 1–13, 2001.
- BAUER, M. W.; GASKELL, G.; ALLUM, N. C. Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento: evitando confusões. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (org.). *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático*. Petrópolis: Vozes, 2018. p. 17–36.
- BRABO, J. C. Metacognição, ensino-aprendizagem e formação de professores de ciências. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 29, p. 1–9, 2018.

BRITO, L. P.; SOUSA, R. G. Controvérsias em experiências pedagógicas CTS/CTSA na formação inicial de professores de ciências: o que dizem algumas dissertações e teses brasileiras? *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 12, n. 23, p. 85–102, 2015.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Percepção pública da C&T no Brasil*. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019. Disponível em: <https://www.cgge.org.br/web/percepcao>. Acesso em: 17 ago. 2025.

CLEOPHAS, M. G.; FRANCISCO, W. Metacognição e formação de professores de ciências naturais. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, n. extraordinário, p. 1–8, 2018.

CRESWELL, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 2, p. 421–431, 2010.

FREITAS, D. et al. Educação científica crítica: as contribuições de especialistas da área. *Indagatio Didactica*, v. 11, n. 2, p. 751–769, 2019.

FREITAS, D. et al. FACTS: uma ferramenta CTS para avaliação de processos e produtos na educação científica. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, v. 17, n. 51, p. 179–202, 2022.

GATTI, B. A. A construção metodológica da pesquisa em educação: desafios. *Revista Brasileira de Política e Administração da Educação*, v. 28, n. 1, p. 13–34, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2003.

LATORRE, M. A.; VARELA, J. L. M. El diseño de rúbricas: algunos aspectos claves. *Observar*, n. 12, p. 1–19, 2018.

MACEDO, S. M. Quantos pontos são necessários? Um estudo comparativo de escalas Likert, do tipo Likert e semântica. *Horizontes Interdisciplinares da Gestão*, v. 4, n. 2, p. 104–119, 2020.

MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. Método Delphi: caracterização e potencialidades na pesquisa em educação. *Pro-Posições*, v. 29, n. 2, p. 389–415, 2018.

MARRA, N. N. S. Reflexões sobre o currículo, políticas públicas e o ensino de ciências: a centralidade do trabalho e da formação docente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 21., 2023, Recife. *Anais [...] Recife: Even3*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.29327/1290523.1-6>.

MARRA, N. N. S. *Educação científica crítica e professores(as) de ciências: estudo sobre as contribuições da Ferramenta Avaliativa Ciência, Tecnologia e Sociedade (FACTS) para a formação docente*. 2024. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 191–210, 2003.

MORIN, E. *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina, 2015.

PALACIOS, E. M. G. *et al.* *Introdução aos estudos CTS: ciência, tecnologia e sociedade*. Madrid: Organização dos Estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2003.

PIETROCOLA, M. *et al.* Risk society and science education: lessons from the Covid-19 pandemic. *Science & Education*, v. 30, p. 209–233, 2021.

PRATES, W. O. *Estatísticas para as ciências sociais aplicadas I*. Salvador: UFBA, Superintendência de Educação a Distância, 2017.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 110–132, 2000.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 84–91, 2013.