

ARTIGO



Concepções de Licenciandos em Química sobre a Natureza da Ciência e os Erros Científicos: uma análise à luz do conceito de Ciência Integral

Jéssyca Brena Soares Rodrigues¹

<https://orcid.org/0000-0002-1055-7377>

Ruth do Nascimento Firme²

<http://orcid.org/0000-0003-2737-5112>

RESUMO:

Este estudo insere-se nas pesquisas sobre Natureza da Ciência (NdC) na formação inicial docente, com base na perspectiva de Douglas Allchin. Investigou-se as concepções prévias de licenciandos em Química sobre NdC e erros científicos, por meio de um questionário com questões abertas. A análise, fundamentada na Análise de Discurso de linha francesa, considerou as dimensões de confiabilidade da ciência e a taxonomia dos erros científicos de Allchin. Os resultados indicam concepções reducionistas de ciência, centradas na ideia de prova pela experimentação. Quanto ao erro científico, os licenciandos o veem como produtivo e transitório, isto é, uma etapa para chegar ao conhecimento verdadeiro. Em síntese, defendemos que os inventários de Allchin são ferramentas analíticas relevantes, mas alguns de seus elementos, associados a práticas de má conduta, requerem reelaboração. Destacamos, por fim, a necessidade de pesquisas futuras que explorem o potencial da Ciência Integral de Allchin na formação de professores em NdC.

Palavras-chave:
Natureza da
Ciência; Erros
científicos;
Formação docente.

Concepciones de los futuros profesores de química sobre la naturaleza de la ciencia y los errores científicos: un análisis a la luz del Concepto de Ciencia Integral

RESUMEN:

Este estudio se inscribe en la investigación sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC) en la formación inicial docente, desde la perspectiva de Douglas Allchin. Se investigaron las concepciones previas de estudiantes de química sobre la NOS y los errores científicos mediante un cuestionario abierto. El análisis, basado en el Análisis del Discurso Francés, incluyó la fiabilidad científica y la taxonomía de errores de Allchin. Los resultados muestran concepciones reduccionistas de la ciencia, enfocadas en la prueba experimental. En cuanto al error científico, los estudiantes lo consideran productivo y transitorio, como parte del camino hacia el conocimiento. Concluimos que los inventarios de Allchin son herramientas analíticas valiosas, aunque algunos elementos ligados a la mala conducta requieren revisión. Finalmente, subrayamos la importancia de futuras investigaciones que exploren el potencial de la Ciencia Integral de Allchin en la formación docente en NdC.

Palabras-clave:
Naturaleza de la
Ciencia; Errores
científicos;
Formación
docente.

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Rede Nordeste de Ensino (RENOEN/UFRPE), Recife, Brasil. jessycabrena.quimica@gmail.com

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Rede Nordeste de Ensino (RENOEN/UFRPE), Recife, Brasil. ruthquimica.ufrpe@gmail.com

Pre-service Chemistry Teachers' Conceptions of the Nature of Science and Scientific Errors: An Analysis in Light of the Concept of the Whole Science

ABSTRACT:

This study is part of ongoing research on the Nature of Science (NOS) in pre-service teacher education, drawing on Douglas Allchin's perspective. We examined undergraduate chemistry students' preconceptions about NOS and scientific error through an open-ended questionnaire. The analysis, grounded in French Discourse Analysis, considered Allchin's dimensions of scientific reliability and his taxonomy of scientific error. The results reveal reductionist conceptions of science, mainly centered on the idea of proof through experimentation. Regarding scientific error, students tend to view it as both productive and transitory, that is, a necessary step toward the attainment of true knowledge. In conclusion, we argue that Allchin's inventories are valuable analytical tools; however, some elements associated with scientific misconduct may require reconsideration. Finally, we highlight the need for further research into the potential of Allchin's Whole Science framework in NOS-oriented teacher education.

Key words:

Nature of Science;
Scientific errors;
Teacher education.

INTRODUÇÃO

A compreensão de que é fundamental não apenas ensinar e aprender conteúdos científicos, mas também refletir sobre “o como da ciência” (Allchin, 2012, 2017; Irzik; Nola, 2011; Matthews, 1995, 2012; Santos; Maia; Justi, 2020) tem fomentado investigações no campo denominado “natureza da ciência” (NdC). O ensino e a pesquisa sobre NdC caracterizam-se por seu caráter multidisciplinar, visto que evocam um conjunto de saberes de campos disciplinares distintos e enfatizam aspectos da atividade científica, bem como suas relações com o contexto sociocultural.

As pesquisas sobre NdC, inicialmente, centravam-se em definir o que ensinar sobre ciências, o que não é tarefa fácil dada a abrangência e complexidade dessas discussões. Isso levou alguns grupos de pesquisadores a elaborarem listas de aspectos de NdC para orientarem atividades didático-pedagógicas e servirem como ferramenta metodológica e analítica em pesquisas. Essa linha de inteligência é denominada de abordagem por listas consensuais (McComas; Olson, 1998; Lederman et al., 2002; Osborne et al., 2003; Vázquez; Acevedo; Manassero, 2004).

No entanto, considerando a diversidade de listas de aspectos de NdC elaboradas por diferentes grupos de pesquisa e as críticas dirigidas a essa abordagem, sobretudo quando empregada de forma prescritiva ou descontextualizada, a forma de ensinar e pesquisar sobre NdC foi se transformando ao longo do tempo, tornando-se cada vez mais contextualizada (Allchin, 2012, 2017; Justi; Erduran, 2015; Matthews, 2012; Santos; Maia; Justi, 2020). Reconhece-se, contudo, que as listas consensuais de aspectos da Natureza da Ciência desempenharam, e ainda desempenham, um papel relevante no campo do ensino de Ciências, especialmente ao oferecer subsídios iniciais para professores da Educação Básica e para contextos formativos nos quais as discussões sobre NdC não estão consolidadas. Além disso, é importante ressaltar que, no cenário atual, vivemos uma crescente desconfiança popular em relação à ciência, bem como ataques à sua credibilidade (David; Corrêa, 2020, Ianni Segatto, 2023). Diante dessa conjuntura, argumenta-se que as discussões sobre a NdC devem ser incorporadas de forma central na formação docente.

Nesse sentido, destaca-se uma concepção de NdC alinhada à perspectiva contextual, conforme proposto por Allchin (2001, 2004, 2011, 2012, 2017), que defende a abordagem da NdC por meio de atividades investigativas, estudos de casos históricos ou contemporâneos, visando à compreensão do funcionamento da ciência e à promoção da alfabetização científica, com ênfase na confiabilidade das alegações científicas e no papel do erro na construção do conhecimento científico.

O presente estudo tem como objetivo analisar, com base nas dimensões de confiabilidade da ciência e na taxonomia dos erros científicos elaborados por Allchin (2001, 2004, 2011, 2012, 2017), as respostas de licenciandos em Química a um questionário sobre a NdC e o erro científico. O instrumento de coleta das informações de pesquisa foi aplicado junto aos sujeitos antes da realização de um minicurso de formação em NdC e papel do erro científico numa abordagem contextual a partir de casos históricos. Assim, a pergunta de pesquisa é: Quais são as concepções prévias de licenciandos em Química sobre a Natureza da Ciência e o erro científico, expressas em suas respostas a um questionário, quando analisadas sob a perspectiva das dimensões de confiabilidade da ciência e da taxonomia de erros de Allchin?

A análise dessas concepções prévias justifica-se pela necessidade de compreender os sentidos já estabilizados que os licenciandos mobilizam acerca da NdC e do erro científico antes de experiências formativas sistematizadas. Tal compreensão é relevante tanto para explicitar as condições de produção desses discursos quanto para subsidiar a elaboração de propostas formativas mais conscientes de seus pontos de partida, especialmente no contexto da formação inicial de professores de Ciências. Nesse sentido, o recorte analítico aqui proposto não se orienta pela avaliação de mudanças conceituais decorrentes da intervenção formativa, mas pela identificação de concepções recorrentes, limites interpretativos e silenciamentos que atravessam a compreensão dos sujeitos sobre a ciência e o erro científico.

Vale dizer que este artigo faz um recorte de uma pesquisa de natureza qualitativa mais ampla, de caráter interventivo, no contexto do componente curricular de estágio supervisionado, em uma universidade pública no Nordeste do país.

FUNDAMENTOS DA CIÊNCIA INTEGRAL DE DOUGLAS ALLCHIN

A busca pelo consenso sobre o que ensinar sobre NdC, que ficou conhecida como abordagem por listas consensuais, mostrou-se, na verdade, não consensual. Acerca disso, o texto de Martín et al. (2013) faz um comparativo entre listas de aspectos de NdC produzidas por cinco grupos de pesquisa, são eles: McComas e Olson (1998); Lederman et al. (2002); Osborne et al. (2003); Gil-Pérez et al. (2002); Vázquez, Acevedo e Manassero (2004). Os autores chegam à conclusão de que o consenso significativo entre os especialistas reside em aspectos epistemológicos e naqueles referentes às relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), mas, ainda há discordâncias sobre aspectos como validação do conhecimento e limitações da ciência. Os aspectos acerca da investigação científica, regulação social da ciência e divulgação de resultados não podem ser considerados consensuais e têm baixo grau de convergência.

Em oposição a essa abordagem, vários pesquisadores (Allchin, 2004, 2011, 2012, 2017, 2022; Irzik; Nola, 2011; Matthews, 1995, 2012; Santos; Maia; Justi, 2020) fazem a opção por uma abordagem contextual, evitando o compromisso direto com a explicação de aspectos constitutivos da atividade científica. No entanto, reconhece-se que as listas consensuais de aspectos da Natureza da Ciência tiveram e ainda têm relevância no ensino de Ciências, sobretudo ao oferecerem referências iniciais em contextos formativos nos quais as discussões sobre NdC não estão consolidadas. As críticas a essa abordagem não visam sua desqualificação, mas a problematização de seus limites, especialmente quando mobilizada de forma prescritiva ou descontextualizada.

Considerando o contexto do ensino de NdC por meio de uma abordagem contextual, destacamos a contribuição de Allchin (2012, 2017) que intitula essa visão ampliada de NdC como Whole Science ou Ciência Integral. Nessa linha de intelecção, há uma alusão ao alimento integral – mais complexo, porém mais completo em nutrientes – onde a atividade científica é considerada em sua integralidade, buscando associar elementos de seu funcionamento interno e aspectos socioculturais da ciência (Allchin, 2012, 2017). É importante destacar que o conceito de Ciência Integral não se refere a um tipo específico de ciência, mas a uma forma de olhar para a atividade científica em sua complexidade, considerando conjuntamente elementos epistêmicos, históricos, humanos e socioculturais.

Em Allchin (2012, 2017), reside uma preocupação com a alfabetização científica dos estudantes, no sentido de contribuir para a formação desses sujeitos, de modo que estes consigam avaliar o nível de

confiabilidade de afirmações científicas e, assim, tomar decisões individuais ou sobre questões públicas de forma mais adequada. O autor coloca que “os alunos devem desenvolver uma compreensão ampla de como a ciência funciona para interpretar a confiabilidade das afirmações científicas na tomada de decisão pessoal ou pública” (Allchin, 2013, p. 4).

Para tanto, Allchin (2012, 2017) recomenda o uso de casos históricos, casos contemporâneos, atividades investigativas, resolução de problemas, entre outros. Nesse sentido, segundo o autor (2012, 2017), o importante é oferecer um contexto que explicita o funcionamento da ciência e o debate torna-se ainda mais fecundo se o professor lança mão de diferentes recursos e contextos, como forma de deixar evidente a complexidade da atividade científica.

Para auxiliar professores e alunos nessa compreensão funcional de Ciência, Allchin (2012, 2017) reúne múltiplos fatores que contribuem para a confiabilidade da atividade científica em um inventário denominado de dimensões de confiabilidade da ciência. Ele argumenta que esse é um inventário aberto e complexo, cuja função é ampliar o repertório analítico acerca de como a ciência elabora e sustenta alegações consideradas confiáveis em contextos reais ou muito próximos da realidade. Seu objetivo não é esgotar todos os elementos relacionados à confiabilidade das afirmações científicas, nem que esses elementos sejam ensinados de forma isolada. Dessa forma, as dimensões de confiabilidade da ciência propostas por Allchin (2012, 2017) não constituem uma lista a ser seguida de forma exaustiva ou um conjunto de critérios a serem verificados isoladamente.

Quadro 1 - Dimensões de confiabilidade da ciência

Dimensões	ASPECTOS DE NDC
Dimensão observacional	Observação e medidas
	Acurácia e precisão
	Papel dos estudos sistemáticos (revisão de literatura)
	Força da evidência
	Robustez ou concordância entre dados obtidos de diferentes formas
	Experimentação
	Experimentos controlados (isolando-se uma variável)
	Testes cegos ou duplo-cego
Dimensão conceitual	Análise estatística do erro
	Replicação e tamanho da amostra
	Instrumentação
	Novos instrumentos e sua validação
	Modelos e organismos modelo
	Ética nas pesquisas com seres humanos
	Padrões de raciocínio
	Relevância da evidência (empirismo)
	Informações verificáveis X valores
	Papel da probabilidade na inferência
	Explicações alternativas
	Correlação X causalidade
Dimensão conceitual	Dimensão histórica
	Extensão do consenso sobre evidências estabelecidas
	Papel da analogia e da interdisciplinaridade
	Mudança conceitual
	Erro e incerteza
	Papel da imaginação e da síntese criativa
	Dimensão humana
Dimensão conceitual	Motivação para fazer ciência
	Personalidade e subjetividade
	Viés de confirmação baseado em crenças pessoais
	Emoção X avaliação de riscos

Dimensão sociocultural	Institucional
	Colaboração e competição entre cientistas Argumentação Credibilidade Revisão por pares e resposta às críticas Resolução de divergências Liberdade acadêmica
	Preconceitos
	Papel da crença tendenciosa (ideologia, religião, nacionalidade, etc) Papel do preconceito de gênero Papel do preconceito de raça ou classe social
	Economia e financiamento
	Fontes de financiamento Conflitos de interesse Comunicação Normas de tratamento de dados científicos Natureza dos gráficos Credibilidade das revistas científicas e novas mídias Fraude e outras formas de má conduta Responsabilidade social dos cientistas

Fonte: Adaptado de Allchin (2011), tradução nossa.

Os elementos que guardam relação com a confiabilidade das afirmações científicas são reunidos em três dimensões: (1) observacional, envolve observação, medidas, experimentos e instrumentos; (2) conceitual, que abrange padrões de raciocínio, aspectos históricos e aspectos subjetivos dos cientistas; e (3) social, envolve instituições, os vieses, o financiamento da pesquisa e a comunicação científica, ou seja, aspectos socioculturais da atividade científica (Allchin, 2012, 1017; Bejarano; Aduriz-bravo; Bonfim, 2019). Essas dimensões e suas subcategorias estão apresentadas no quadro 1. Espera-se que o aluno desenvolva uma postura analítica, permitindo-lhe identificar vários desses elementos no contexto analisado e compreender como cada um deles implica em maior ou menor confiabilidade para as afirmações científicas (Allchin, 2012, 2017). Vale destacar que as dimensões de confiabilidade da ciência não devem ser tomadas como prescrições ou critérios universais sobre o fazer científico ou como um modelo normativo da prática científica, tampouco como um método para avaliar a ciência em termos de correção ou adequação, mas como um conjunto de referências analíticas mobilizadas para a compreensão do funcionamento da ciência em contextos concretos.

TAXONOMIA DOS ERROS CIENTÍFICOS

Associado às dimensões da confiabilidade da ciência, Allchin sugere que ensinar sobre erros científicos pode oferecer subsídios para uma compreensão mais ampla de NdC, pois “cada conclusão errônea na ciência é uma oportunidade potencial para aprender ‘práticas científicas’ ou como os cientistas constroem afirmações confiáveis” (Allchin, 2012, p. 904, tradução nossa, aspas do autor). Assim, o trabalho pedagógico com os erros científicos podem ser efetivos para a compreensão de práticas científicas e do funcionamento da ciência, especialmente quando se busca problematizar visões idealizadas ou excessivamente lineares do desenvolvimento científico.

Allchin (2001, p. 38, tradução nossa) define o erro científico como “qualquer conclusão errônea ou resultado não intencional em ciência ou tecnologia” e elabora um inventário sobre os possíveis erros na ciência que se relacionam com cada uma das dimensões da confiabilidade na ciência, o qual denomina Taxonomia dos Erros Científicos (Allchin, 2001, 2004), conforme quadro 2.

Assim, como nas dimensões de confiabilidade, o autor parte de elementos mais específicos referentes ao funcionamento interno da ciência e expande a análise para dar conta dos erros mais gerais ou sociais. Desse modo, os erros são classificados em quatro categorias: erros de amostra, erros de observação, erros conceituais e erros discursivos (Allchin, 2001, 2004).

Quadro 2 - Taxonomia dos erros científicos.

Categorias de erros	TIPOS DE ERROS
Erros de amostra	Contaminação da amostra Má higienização de vidraria/materiais Impureza da amostra Acondicionamento inadequado de reagentes ou amostras
Erros de observação	Mau uso de equipamentos Erros de leitura de dados Observação “carregada de teoria” Erros em relação à abordagem estatística (amostra não representativa)
Erros conceituais	Generalização Induções inadequadas Discriminação de raça, gênero, sexualidade, social ou de qualquer outra natureza Descarte de alternativas à teoria principal

Fonte: Adaptado de Allchin (2001), tradução nossa.

Erros de amostra estão relacionados a problemas decorrentes de contaminação ou manejo inadequado da amostra a ser utilizada pelo cientista. A segunda parte do espectro diz respeito aos erros de observação, relacionados à observação dos fenômenos ou à leitura de instrumentos, por exemplo, má compreensão do instrumento usado em laboratório e observação “carregada de teoria” (Allchin, 2001, p. 46). Os erros conceituais relacionam-se a problemas na interpretação dos fenômenos, como a generalização demasiadamente ampla, viés sociocultural relacionado a preconceitos de gênero, raça, classe social, etc. Por fim, temos os erros discursivos, que são os mais amplos do espectro. Neste grupo, o autor inclui a fraude, dificuldades impostas pela tradução, publicação em revistas de baixa confiança e equívocos reforçados em mídias de divulgação científica.

Allchin (2001, 2004) ainda sugere que o debate sobre os erros científicos deve ser feito em uma escala progressiva, indicando níveis de progressão de aprendizagem sobre os erros, são eles: (1) visão menos idealizada sobre os cientistas; (2) compreensão do contexto histórico e social que levou a uma compreensão errônea; (3) a ciência não possui um sistema de autocorreção, isto é, os erros não são automaticamente identificados e elucidados; (4) os erros podem ser frutíferos em outros contextos; (5) erros e descobertas científicas podem estar muito próximos (Allchin, 2001, 2004).

Na compreensão de Allchin, os erros são um traço típico da ciência, portanto, não é possível uma ciência em ação completamente livre de erros (2001). No entanto, a ciência busca caminhar em direção a um conhecimento cada vez mais confiável, isso passa também pela problematização dos erros científicos. Dessa forma, a análise dos erros científicos pelos alunos pode configurar-se enquanto forma de compreender a complexidade do processo de produção de conhecimento, levando-os a conhecer as práticas científicas e aprofundar a compreensão epistêmica.

As noções discutidas neste referencial orientaram a elaboração do instrumento de coleta de informações, que buscou explorar concepções dos licenciandos acerca de práticas científicas, confiabilidade do conhecimento científico e papel do erro na ciência. Ressalta-se que as questões foram formuladas de modo aberto, com o objetivo de favorecer a emergência de diferentes sentidos, sendo mobilizadas como operadores teóricos para a análise, e não de verificar a presença ou ausência de elementos específicos do referencial teórico.

CONSTITUIÇÃO DO CORPUS DE ANÁLISE

Este artigo trata de uma investigação que se apoia nos pressupostos da abordagem qualitativa de pesquisa (Dezin, Lincoln, 2006). Nossa ênfase está em entender os processos e os sentidos atribuídos pelos sujeitos àquilo que se é investigado, neste caso, as concepções prévias sobre NdC e erros científicos, que são (re)produzidas pelos sujeitos.

Entendemos a noção de sentido interpelado pelo dispositivo teórico da análise de discurso (AD) de linha francesa por Eni Orlandi (2020), segundo o qual, para compreender o sentido é necessário relacioná-lo à

exterioridade dos textos. A análise das informações de pesquisa considera principalmente as noções de relações de sentido - o que mais é dito a respeito disso por outros sujeitos, em outros espaços e momentos históricos - e o não dito, considerando outros sentidos possíveis.

Este artigo apresenta um recorte analítico de uma pesquisa qualitativa mais ampla, originalmente concebida como de caráter interventivo (Teixeira, 2020), concentrando-se exclusivamente na análise das concepções prévias dos licenciandos, produzidas antes das intervenções didático-pedagógicas previstas no estudo original. A pesquisa contou com a participação de quatro licenciandos em Química que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e foi aprovada no Comitê de Ética de Pesquisa da universidade à qual está vinculada. Para preservar a identidade dos sujeitos substituímos seus nomes por personalidades da música nordestina, mantendo o gênero declarado por eles.

De acordo com as orientações da Análise de Discurso, faz-se necessário explicitar as condições de produção dos discursos (Orlandi, 2020), entendidas como a situação ou o contexto imediato em que os discursos são engendrados. Neste estudo, consideramos as enunciações de quatro licenciandos em Química, sendo três deles matriculados no componente curricular de Estágio Supervisionado II (Flávio José, Elba Ramalho e Luiz Gonzaga) e um estudante do Estágio Supervisionado IV (Jackson do Pandeiro).

Embora os objetivos desses componentes curriculares sejam distintos, os momentos de discussão na universidade ocorrem de forma conjunta. Os sujeitos da pesquisa são estudantes da licenciatura em Química, autodeclarados negros, que cursaram o ensino básico em escolas públicas. A pesquisa foi desenvolvida em uma universidade pública do Nordeste do país, no período noturno. Dentre os participantes, apenas o estudante Flávio José exerce atividade laborativa concomitantemente à graduação.

Os sujeitos responderam ao questionário antes da realização das intervenções didático-pedagógicas propostas pela pesquisadora. Vale ressaltar que todos os participantes já haviam cursado a disciplina de História da Química (disciplina optativa não-obrigatória no currículo do referido curso), o que indica algum contato prévio com elementos históricos e epistemológicos da ciência.

O questionário foi aplicado somente após três encontros com os licenciandos, para promover a aproximação e naturalização da imagem da pesquisadora, uma estratégia recomendada para enfraquecer o mecanismo de antecipação (onde os sujeitos tentam prever o que se espera de resposta, mascarando o que realmente elaboram sobre o tema) e as relações de força (na hierarquização da relação pesquisador-sujeito da pesquisa) nas respostas ao instrumento (Silva; Almeida, 2017).

Para a coleta das informações de pesquisa deste artigo, utilizamos o questionário de questões abertas que permite um espectro maior de manifestações, conforme orientação de Silva e Almeida (2017), cujas perguntas estão no quadro 3. As perguntas foram propositalmente formuladas de modo amplo, de forma a não direcionar as respostas dos sujeitos e permitir a emergência de diferentes sentidos, em consonância com os pressupostos da Análise de Discurso.

Quadro 3 - Questionário respondido pelos sujeitos da pesquisa

Enumeração	Perguntas
1	Considerando o contexto de desenvolvimento de uma pesquisa científica e o trabalho científico, cite algumas práticas científicas comuns no fazer ciência.
2	Como a ciência produz conhecimento confiável?
3	Cite algum erro científico e suas implicações.
4	Qual seria o papel do erro na ciência?

Fonte: as autoras (2025).

Os apontamentos colocados até agora buscam responder a questionamentos sobre “como se diz?” ou “em que circunstâncias se diz?” que constituem o processo de de-superficialização do texto (Orlandi, 2020) e nos ajudam a explicitar as condições de produção do discurso. Há ainda uma terceira questão que compõe este processo: “o que se diz?”. Partimos dessa pergunta na apresentação dos resultados. Em seguida, empreendemos

um exercício analítico buscando estabelecer os efeitos de sentido produzidos nos discursos dos sujeitos, mobilizando, para isso, as noções de relações de sentido, entendidas como o diálogo com outros dizeres e discursos que circulam na sociedade (interdiscurso) e os silenciamentos, conforme proposto pela Análise de Discurso.

As categorias de análise foram definidas a priori, a partir da articulação entre a pergunta de pesquisa, o referencial teórico adotado (dimensões de confiabilidade da ciência e taxonomia dos erros científicos) e os pressupostos da Análise de Discurso. Para tanto, organizamos a análise nas seguintes categorias: (1) funcionamento da ciência e práticas científicas; (2) confiabilidade da atividade científica; e (3) papel epistêmico do erro científico.

Além disso, operamos com a paráfrase na análise das respostas ao questionário. A paráfrase é compreendida, neste estudo, como uma noção do dispositivo teórico da Análise de Discurso, relacionada aos processos de estabilização e regularização dos sentidos. Nessa perspectiva, ela é mobilizada como um gesto de interpretação, por meio do qual organizamos os dizeres dos sujeitos, evidenciando regularidades e efeitos de sentido, sem a pretensão de acessar a intencionalidade dos enunciados ou de esgotar seus significados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 4, apresentamos de forma organizada as respostas na íntegra dos sujeitos às perguntas do questionário, que constituem o corpus de análise desta pesquisa. Essa apresentação permite uma visualização clara das enunciações dos participantes e facilita a identificação de repetições e tendências nas suas respostas. A análise dessas respostas é fundamental para compreender as percepções sobre os temas abordados e para embasar as discussões subsequentes.

Quadro 4 - Respostas dos sujeitos às questões do instrumento de coleta de informações de pesquisa.

Sujeitos	Enunciados (o que se diz)			
	Questão 1 - Sobre práticas científicas e funcionamento da ciência.	Questão 2 - Sobre a confiabilidade na ciência.	Questão 3 - Erros científicos e implicações.	Questão 4 - Papel do erro na ciência.
Jackson do Pandeiro	“A ciência, atualmente, ocorre de uma forma organizada, seja com instituições públicas ou privadas. antes de qualquer coisa, podemos entendê-la como um processo de análise e produção de conhecimento, análise no sentido da fundamentação através de conhecimentos acumulados ao longo do percurso histórico. E produção, pensando no avanço e desenvolvimento das pesquisas científicas. Desse modo, as práticas científicas comuns no fazer ciência, de maneira geral, seria a testagem	“A partir de comprovações que são feitas, a partir de hipóteses testadas, à observações contínuas de eventos.”	“Um erro científico pode acarretar diversas implicações, geralmente prejudiciais, em níveis sociais, ambientais, etc. Como exemplo, podemos citar o erro científico do conceito de ‘raça pura’ amplamente concoredo, principalmente na Alemanha nazista.”	“Entender como os problemas que se apresentam, não podem ser resolvidos pelo métodos que causaram o erro.”

	de hipóteses teoricamente consistentes, e a busca por métodos cada vez mais eficazes.”			
Flávio José	“Em práticas científicas, é comum ver-mos desenvolvimentos de teorias, onde estas são estudadas e provadas com práticas de experimentos ou pesquisas relacionadas ao tema.”	“O conhecimento na ciência é construído com tentativas e erros, onde nessas tentativas surgirão teorias e, com os erros, surgirão os acertos. Então, o conhecimento confiável vem de um processo, onde neste processo, será apresentado um fato provado.”	“O primeiro modelo atômico, conhecido como bola de bilhar, onde dizia que o átomo era uma bola maciça, indivisível, onde este átomo se juntava com outros e criava tudo ao nosso redor.”	“Tomando o exemplo do primeiro modelo atômico, citado na questão 3, se não existisse aquela teoria, ou aquele modelo, não conseguiriam ver seus erros e conhecer a verdade por trás do átomo mesmo este modelo não sendo o correto, ou o mais próximo da verdade, foi por ele e, por seus erros, que foi possível desenvolver novos modelos.”
Elba Ramalho	“Pesquisa teórica em bancos de dados (artigos, livros, tese, dissertação, dentre outros), experimentos práticos comprovados ou que obtiveram um bom sucesso, divulgação e alcance a sociedade ou ao público de interesse.”	“Por meio de pesquisas, experimentos, dados e resultados confiáveis, que normalmente, demoram décadas ou anos para serem implementados.”	“Divulgação de informações não confiáveis baseada exclusivamente em ‘achismos’. Uma das principais implicações é o alto alcance que uma informação pode alcançar, além de criar uma enorme dificuldade para ser desfeita a informação e colocar a correta na sociedade.”	“Dependendo do caso, prejudicar ou buscar, por meio de incentivo, que mais pessoas (pesquisadores) cientistas vá em busca do que é correto para determinado caso e consequentemente, para a ciência.”
Luiz Gonzaga	“Analisar problemáticas, levantamento de hipóteses, soluções apresentadas, usar o método científico, fazer levantamento de dados, observações e experimentos.”	“Trazendo todos fatos a serem analisados, fazendo-os passar por um processo rigoroso de investigação e ‘analis’ para que possam ser comprovadas e reproduzidos.”	“Um erro comum é achar que aquilo que não pode ser visto a olho nu, não nenhuma relevância em aspectos macro e ‘visíveis’, isso implica em negligências e falta de responsabilidade nas tomadas de decisões.”	“O erro na ciência serve para nos aproximar da verdade, ‘reflitar’ e contornar as ações, tendo em vista o aperfeiçoamento do conhecimento e melhoria nos resultados.”

Fonte: as autoras (2025).

Funcionamento da Ciência e práticas científicas

O objetivo da primeira pergunta do questionário foi compreender as concepções dos sujeitos acerca do funcionamento da Ciência e das práticas científicas mobilizadas em seu fazer. Já a segunda questão teve como propósito investigar quais elementos da prática científica são associados, pelos licenciandos, à produção de conhecimento confiável. Para a análise desta categoria, consideramos de forma articulada os dizeres produzidos nas duas primeiras questões do instrumento. Desse modo, operamos com a paráfrase das enunciações dos sujeitos, organizando-as em asserções apresentadas no quadro 5. As paráfrases aqui construídas não têm a

pretensão de condensar ou fixar o sentido das enunciações, mas de explicitar regularidades discursivas que emergem do conjunto dos dizeres, evidenciando efeitos de sentido recorrentes no discurso dos participantes.

Quadro 5 - Organização das enunciações dos sujeitos sobre o funcionamento da ciência e as práticas científicas, em forma de paráfrase.

Sujeitos	Paráfrase
Jackson do Pandeiro	A ciência ocorre em instituições públicas ou privadas
Jackson do Pandeiro, Flávio José e Elba Ramalho	O conhecimento historicamente acumulado serve de fundamentação para outras pesquisas
Jackson do Pandeiro, Elba Ramalho e Luiz Gonzaga	A Ciência opera por meio do teste de hipóteses, levanta dados, faz observações e experimentos
Jackson do Pandeiro e Luiz Gonzaga	A Ciência opera por meio do método científico
Elba Ramalho, Flávio José e Luiz Gonzaga	Pesquisas científicas são comprovadas experimentalmente
Elba Ramalho	Os resultados das pesquisas circulam na comunidade científica e na sociedade
Luiz Gonzaga	A Ciência analisa problemas e busca soluções

Fonte: as autoras (2025).

A respeito do funcionamento da ciência, destaca-se a asserção de Jackson do Pandeiro de que a ciência pode ocorrer em instituições públicas ou privadas. No entanto, o discurso não trata de forma explícita sobre possíveis diferenças de “organização” científica (nos termos mobilizados pelo sujeito) nesses âmbitos. Dessa forma, o enunciado não trata especificamente do pluralismo institucional da ciência, mas coloca em circulação a ideia de que a atividade científica é institucionalmente situada.

A partir desse silenciamento, é possível deslocar a análise para problematizar diferenças relacionadas a objetivos, produtos e valores que atravessam a ciência desenvolvida em distintos contextos institucionais. Esse deslocamento interpretativo permite considerar que, em determinados contextos privados, as atividades científicas e tecnológicas podem ser orientadas por lógicas associadas ao mercado, o que se expressa, por exemplo, na seleção de problemas de pesquisa ou nos produtos decorrentes das investigações. Tal leitura, contudo, não aponta que o interesse de mercado esteja ausente na ciência desenvolvida nos centros públicos de pesquisa, visto que também estão inseridos na dinâmica do sistema capitalista. Ainda assim, acredita-se que instituições públicas podem se constituir como espaços nos quais se viabilizam pesquisas sobre temas considerados marginais, críticos ou subversivos em outros ambientes institucionais.

Nessa perspectiva, a partir do referencial teórico mobilizado, colocamos o pluralismo institucional enquanto característica marcante na ciência, algo defendido por Matthews (2012) e Irzik e Nola (2011). Esses últimos autores destacam a pluralidade científica no que concerne às atividades, objetivos e valores, produtos e conhecimentos específicos. O pluralismo na Ciência é igualmente uma característica defendida na Ciência Integral de Allchin (2012), que sugere o uso de diferentes contextos para explicitar este aspecto do empreendimento científico.

Na enunciação de Jackson do Pandeiro à primeira pergunta, observa-se uma definição do que vem a ser a ciência: “podemos entendê-la como um processo de análise e produção de conhecimento, análise no sentido da fundamentação através de conhecimentos acumulados ao longo do percurso histórico”. Temos nessa construção a ideia de “ciência enquanto processo”, produzindo um efeito de sentido associado à compreensão de ciência não como produto acabado, mas como uma elaboração, ao mesmo tempo em que se refere aos “conhecimentos acumulados ao longo do percurso histórico” que pode remeter a visão acumulativa de ciência (Gil-Pérez e colaboradores, 2001), silenciando acerca das rupturas, mudanças de paradigma, controvérsias e erros que podem estar envolvidos na complexidade da atividade científica. Essa é uma enunciação que se inscreve num discurso tradicional de desenvolvimentismo científico, marcado pela ideia de crescimento linear do conhecimento.

Ainda considerando o trecho citado no parágrafo anterior, observa-se que quando Jackson do Pandeiro fala que a ciência opera a partir da “análise no sentido da fundamentação através de conhecimentos acumulados” ele mobiliza sentidos associados ao uso do conhecimento historicamente produzido na fundamentação de novas

pesquisas, o que pode ser lido, realizando um gesto de interpretação, como a valorização de práticas de consulta e revisão acerca da temática de pesquisa, frequentemente associadas ao processo de revisão de literatura, que é uma prática comum e considerada fundamental no fazer ciência (Allchin, 2011, p. 132).

Nessa mesma linha, temos a fala de Elba Ramalho: “Pesquisa teórica em bancos de dados (artigos, livros, tese, dissertação, dentre outros) [...]”; e também a de Flávio José, quando diz: “onde estas [pesquisas] são estudadas e provadas com práticas de experimentos ou pesquisas relacionadas ao tema.” Tais dizeres apontam para a circulação de sentidos que associam a produção do conhecimento científico à articulação com estudos prévios e a práticas de fundamentação teórica. Apenas um dos sujeitos da pesquisa não faz menção à prática de revisão ou estudo do conhecimento historicamente produzido. Para Allchin (2011) a mobilização do conhecimento previamente produzido é uma prática que aumenta a confiança na ciência, fazendo parte da primeira dimensão de confiabilidade na ciência.

Ainda sobre o funcionamento da ciência, Jackson do Pandeiro coloca em relevo a questão da organização na atividade científica, operando via deslocamento de sentido, podemos relacionar esta fala à necessidade de sistematização na atividade científica, o que aponta para a questão dos métodos científicos. Ora, a ciência opera por meio de uma metodologia específica e é isso que lhe confere a ideia de sistematização. Sobre isso, o estudante fala que a ciência funciona desenvolvendo métodos cada vez mais eficazes para as pesquisas. Esta enunciação pode ser relacionada à noção de que a ciência se desenvolve de forma linear e exponencial, o que Gil Pérez e colaboradores (2001) denominam de “visão acumulativa de crescimento linear”, produzindo um efeito de sentido de que a ciência está em constante evolução. Essa ideia também vai de encontro à noção de desenvolvimento científico apresentada por Kuhn (Ostermann, 1996), que assume a possibilidade de ocorrência de períodos de ruptura radical de paradigmas científicos na comunidade científica.

Buscando as regularidades discursivas nas respostas dos participantes podemos levantar a questão do método científico e da comprovação experimental como elementos discursivos que circulam entre as falas. Jackson do Pandeiro levanta a ideia de que a ciência busca “métodos cada vez mais eficazes”, fazendo uso do termo no plural, o que pode timidamente ser um marcador da ideia do pluralismo metodológico no fazer ciência. Luiz Gonzaga fala em “usar o método científico”, o que podemos associar a um efeito de sentido que compreende a ciência como um fazer engessado e o cientista enquanto executor de um algoritmo determinado pelo método científico.

Outro ponto a considerar é a ideia de que a ciência opera por meio da testagem de hipóteses, como afirma Jackson do Pandeiro, sendo as hipóteses validadas a partir do crivo da teoria, na concepção de Flávio José. É interessante destacar a ideia de que é a teoria que confere sentido a uma hipótese. Portanto, as hipóteses não são formuladas de forma aleatória; elas são elaboradas e testadas dentro de um universo delimitado pela teoria científica que as precede (Chalmers, 1993). Aqui parece haver um entendimento de que a ciência opera por meio do método hipotético-dedutivo, partindo da teoria, passando pelo levantamento de hipóteses que serão testadas de forma experimental para chegar aos resultados confiáveis.

A comprovação experimental também é uma regularidade no discurso dos sujeitos e aparece em trechos como “provadas com práticas de experimentos” (Flávio José, na primeira resposta), “experimentos práticos comprovados” (Elba Ramalho, na primeira resposta), “para que possam ser comprovadas e reproduzidos” (Luiz Gonzaga, na segunda resposta) e “a partir de comprovações que são feitas, a partir de hipóteses testadas, à observações contínuas de eventos” (Jackson do Pandeiro, na segunda resposta). As enunciações produzem o efeito de sentido que aponta para a centralidade da comprovação experimental no fazer ciência. De acordo com essa linha, pode-se inferir que circula entre os sujeitos a noção de que a ciência é uma atividade de base empírica, onde o experimento desempenha papel de comprovação ou refutação de alegações.

Do ponto de vista discursivo, observa-se a circulação de sentidos que associam a confiabilidade científica quase exclusivamente às vias empírico-experimentais, com silenciamento de outros elementos relevantes para a confiabilidade, tais como: consenso da comunidade científica; o processo de revisão por pares; dimensões sociais e institucionais da validação do conhecimento. Esse efeito de sentido é recorrente em discursos de formação científica inicial e se inscreve em uma formação discursiva que privilegia a experimentação como critério principal de validação na prática científica.

A enunciação de Luiz Gonzaga à primeira questão se distingue das demais por mobilizar explicitamente a noção de “problemáticas”, produzindo um efeito de sentido segundo o qual a ciência se organiza a partir da análise de problemas e da busca por soluções. Diferentemente de outras respostas, que enfatizam práticas ou métodos de forma mais imediata, aqui o fazer científico aparece inicialmente orientado por problemas. No entanto, tal deslocamento não é desenvolvido ao longo do enunciado, uma vez que o termo “problemáticas” surge de forma genérica, sem explicitação das condições de produção desses problemas, de suas origens históricas ou sociais.

Observa-se, assim, um silenciamento acerca do caráter construído e contextual dos problemas de pesquisa, que passam a ser tomados como dados prévios e consensuais. A sequência da fala que se segue com o uso de termos técnicos também de forma pontual — levantamento de hipóteses, uso do método científico, coleta de dados, observações e experimentos — reinscreve o discurso em uma lógica utilitária, algorítmica e linear do fazer científico, produzindo o efeito de sentido de uma ciência técnica, orientada à resolução de problemas por meio da aplicação correta de métodos. E mais, inscreve-se numa lógica na qual os problemas são entendidos como questões fechadas e obstáculos a serem resolvidos, e não como questões abertas ou passíveis de reformulação ao longo do processo investigativo.

Por fim, a enunciação de Elba Ramalho destaca a divulgação de resultados para a comunidade científica e para a sociedade como um aspecto inerente ao “fazer ciência”. Nesse caso, consideramos a elaboração e divulgação de resultados ao mesmo tempo como uma prática científica e como uma característica do funcionamento da ciência. Enquanto prática científica, a divulgação de resultados e a comunicação dentro da comunidade científica configuram-se enquanto etapas finais ou intermediárias das pesquisas, além disso, são elementos das dimensões de confiabilidade de Allchin (2011), enquanto aspectos socioculturais.

As respostas dos quatro licenciandos à primeira questão produzem efeitos de sentido que associam as práticas científicas predominantemente ao uso do método científico, à testagem de hipóteses e à comprovação do conhecimento científico via experimentação, o que aponta para sentidos historicamente associados a uma visão positivista da ciência. O conjunto das respostas silencia aspectos importantes do fazer científico, tais como: o papel do erro como elemento constitutivo da prática científica; controvérsias, rupturas e disputas epistêmicas; pluralismo metodológico para além do experimento; papel da comunidade científica e dos processos coletivos de validação. Esses silenciamentos produzem um efeito de sentido no qual a ciência aparece predominantemente como um processo organizado, eficiente e progressivo, pouco atravessado por incertezas, conflitos ou revisões profundas. Esses efeitos de sentido são particularmente relevantes para esta pesquisa, uma vez que evidenciam concepções prévias que atravessam a formação inicial dos licenciandos e que constituem condições de produção para futuras discussões formativas sobre Natureza da Ciência e o papel do erro científico.

Confiabilidade da atividade científica

A segunda questão tem como objetivo compreender o que os licenciandos discorrem acerca da confiabilidade da ciência, ou seja, de que forma argumentam sobre a confiabilidade da atividade científica. Sobre isso, organizamos esses argumentos nos termos dispostos no quadro 6.

Quadro 6 - Organização dos enunciados dos sujeitos sobre a confiabilidade da atividade científica, apresentada em forma de paráfrase.

Sujeitos	A CIÊNCIA É CONFIÁVEL, POIS ...
Jackson do Pandeiro	... gera conhecimento comprovado por meio de testes de hipóteses e observações contínuas.
Flávio José	... atua por meio de tentativa e erro, apoiando-se em comprovação empírica e no conhecimento consolidado.
Elba Ramalho	... seus resultados foram construídos num intervalo de tempo considerável, por meio de pesquisas, experimentos e dados.
Luiz Gonzaga	... analisa o objeto de estudo com rigor para que haja comprovação e reprodutibilidade.

Fonte: as autoras (2025).

Considerando as paráfrases elaboradas no quadro 6, pode-se perceber que o termo “comprovação” circula nas enunciações de três dos quatro sujeitos da pesquisa (exceto na fala de Elba Ramalho). A noção de que a ciência é confiável porque produz conhecimento comprovado ou atua por meio de provas, sobretudo empíricas, inscreve-se em um discurso amplamente difundido no senso comum. Apesar disso, as sequências enunciativas indicam que esse discurso se articula ao uso de termos técnicos — como teste de hipóteses, observação e reprodutibilidade — evidenciando o entrelaçamento entre discurso de senso comum e discurso científico na produção de sentidos ainda em processo de estabilização sobre a confiabilidade da ciência.

Na fala de Jackson do Pandeiro a comprovação vem por meio de teste de hipóteses e observações contínuas sobre o objeto de estudo. Para Flávio José, isso tem a ver com as tentativas e erros no processo científico, onde os acertos levam à formulação de teorias provadas. Na enunciação de Luiz Gonzaga, a comprovação está associada à reprodutibilidade e ao rigor científico.

Sobre a questão da comprovação do conhecimento por meio de experimentos, essa associação entre confiabilidade científica e comprovação experimental produz um efeito de sentido alinhado a uma concepção empirista da ciência, na qual o conhecimento confiável é aquele que alcança o estatuto de prova, especialmente por meio da experimentação. Ao tensionarmos essas enunciações com contribuições da filosofia da ciência, como as de Chalmers (1993), é possível problematizar o efeito de evidência atribuído ao experimento. Para o autor é comum a ênfase de que o “conhecimento científico é conhecimento provado. [...] A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado” (Chalmers, 1993, p. 24). Dessa forma ele coloca que a confiabilidade científica e a comprovação de hipóteses feita principalmente por meio da experimentação, especialmente no contexto da química, está associada historicamente ao indutivismo ingênuo. Em contraposição, o autor argumenta que os experimentos só fazem sentido dentro de uma rede teórica, daquele horizonte teórico que os define. É considerando a delimitação teórica que o experimento faz sentido e direciona o olhar do pesquisador sobre o que vem a ser um dado relevante de pesquisa (Chalmers, 1993, p. 22).

Jackson do Pandeiro coloca que os experimentos e os dados de referência da literatura são os fatores que geram resultados confiáveis. Esses dados, segundo ele, têm base empírica, e são observados continuamente para garantir confiabilidade. Nessa mesma linha, Elba Ramalho coloca que a confiabilidade científica é justificada pelo fato dos dados e resultados serem construídos num intervalo de tempo considerável, dados que demoram anos ou décadas para serem implementados. Assim, o tempo e a consistência aparecem como elementos que contribuem para a robustez do conhecimento científico.

A reprodutibilidade é um elemento que aparece na enunciação de Luiz Gonzaga. Com base nisso, parece-nos ficar implícito que o estudante se refere à exatidão das medidas experimentais e à construção de banco de dados. A robustez dos dados experimentais e a repetição de resultados convergentes é um aspecto citado por Allchin (2011) como um componente das dimensões de confiabilidade da ciência, fazendo parte da dimensão observacional. Além disso, o sujeito também cita o rigor científico como um fator importante na construção da confiança da atividade científica, a escolha do termo é interessante, pois, situada no conjunto das enunciações de Luiz Gonzaga, produzem um efeito de sentido que aponta para a ideia de ciência algorítmica, que tem uma sequência de etapas a serem cumpridas com rigor pelo cientista na busca por resultados válidos e confiáveis.

Cabe ainda destacar que os argumentos mobilizados pelos sujeitos para responder à segunda questão concentram-se em poucos critérios, o que pode apontar para uma restrição dos sentidos mobilizados pelos sujeitos ao tratar da confiabilidade científica, concentrando-se em poucos critérios, sobretudo de ordem empírico-metodológica. A questão da confiabilidade das alegações ditas científicas é central na elaboração de Allchin. Para ele, a confiança na ciência é gerada pela interação entre diferentes aspectos próprios da atividade científica e as relações sociais entre cientistas. Em outras palavras, a confiabilidade é gerada por múltiplos fatores que passam por práticas científicas e o funcionamento externo da ciência (relações CTS), os quais constituem as dimensões de confiabilidade da ciência.

Considerando os sentidos que circulam entre os sujeitos, podemos destacar que: circula a ideia de confiabilidade é resultado da comprovação, sobretudo experimental; a confiabilidade é construída por meio de um processo sequencial e rigoroso próprio da aplicação do método científico, ignorando-se outros fatores (sociais, institucionais, políticos, etc.) que possam interferir na confiabilidade da ciência; fatores sociais

inerentes à atividade científica, como a revisão por pares, a disputa entre grupos de pesquisa e regulação institucional, não são citados pelos estudantes. Esse efeito de apagamento das dimensões comunitárias e institucionais da ciência produz uma imagem de atividade científica fortemente individualizada e técnica, na qual a confiabilidade é atribuída prioritariamente ao rigor metodológico e à comprovação empírica, em detrimento de processos coletivos de validação, negociação e consenso.

Papel epistêmico do erro científico

As enunciações dos sujeitos às questões 3 e 4 do questionário permitem analisar alguns efeitos de sentido atribuídos ao erro científico e como isso se articula ao funcionamento da ciência e à produção do conhecimento. De modo geral, percebe-se que os sujeitos associam ao erro científico tanto implicações negativas quanto um potencial frutífero no aperfeiçoamento de métodos, modelos e teorias. Utilizamos novamente a paráfrase como um recurso analítico ao realizar um gesto de interpretação a respeito dos dizeres dos sujeitos, conforme sistematizado no Quadro 7.

Quadro 7 - Organização dos enunciados dos sujeitos sobre o papel epistêmico do erro científico, apresentada em forma de paráfrase.

Sujeitos	Paráfrase
Jackson do Pandeiro, Elba Ramalho	Implicações negativas do erro científico
Jackson do Pandeiro, Flávio José, Elba Ramalho e Luiz Gonzaga	Erros podem servir para aprimorar métodos, modelos ou teorias científicas
Flávio José	O olhar anacrônico para a História da Ciência
Flávio José e Luiz Gonzaga	Erro como oposto da verdade
Flávio José e Elba Ramalho	O erro em seu aspecto produtivo na gênese do conhecimento
Luiz Gonzaga	Relação entre erro pedagógico e erro científico

Fonte: as autoras (2025).

Quando questionados sobre o papel do erro na ciência e suas possíveis implicações, os sujeitos relacionam sua ocorrência ao desenvolvimento de novos modelos e ao aperfeiçoamento metodológico da ciência, reconhecendo a importância do erro para o avanço do conhecimento. Ainda assim, embora se reconheça que o erro pode impulsionar mudanças, o papel da comunidade científica na identificação, discussão e superação desses erros aparece de forma incipiente.

As respostas dos sujeitos podem ser relacionadas ao que Allchin (2001, 2004) denomina quarto nível de progressão de aprendizagem sobre o erro científico, segundo o qual os erros podem ser frutíferos, uma vez que mesmo afirmações equivocadas produzem conhecimento que pode ser mobilizado na compreensão de outros fenômenos. Essa leitura permite compreender o erro não apenas como falha, mas como elemento constitutivo do desenvolvimento científico.

Quando Flávio José afirma que “por meio dos erros, surgirão os acertos”, o erro é compreendido como uma etapa transitória no caminho em direção à verdade científica. Essa concepção, recorrente em discursos sobre ciência, associa o erro a uma possibilidade indesejável, porém necessária, a ser superada no processo de construção do conhecimento (Bachelard, 1996). Trata-se de um avanço em relação a concepções rigidamente algorítmicas e lineares de ciência (Gil-Pérez et al., 2001), mas que ainda não explicita a complexidade do desenvolvimento científico, mantendo a ideia de aproximação progressiva e contínua da verdade.

Essa visão se manifesta em enunciações como “o erro na ciência serve para nos aproximar da verdade”, de Luiz Gonzaga, ou ainda quando Flávio José afirma que, sem teorias anteriores, não seria possível identificar erros e “conhecer a verdade por trás do átomo”. Nesses dizeres, o erro é reconhecido como produtivo, mas sua superação é atribuída principalmente a ajustes teóricos ou metodológicos, sem referência aos processos coletivos de debate, controvérsia e validação que caracterizam a prática científica.

No terceiro nível de progressão de aprendizagem sobre o erro científico, Allchin (2001, 2004) destaca que os erros não são facilmente identificáveis nem automaticamente corrigíveis, exigindo trabalho intencional e contínuo, no qual as interações entre os membros da comunidade científica desempenham papel central. Essa perspectiva tensiona a chamada “visão acumulativa de crescimento linear” da ciência (Gil-Pérez et al., 2001), que desconsidera aspectos sociológicos do desenvolvimento científico, como disputas teóricas, controvérsias e confrontações entre perspectivas rivais.

As respostas à questão 3 também mobilizam exemplos de erro científico associados a consequências sociais relevantes. Jackson do Pandeiro cita o conceito de “raça pura”, relacionado à eugenia, reconhecida como pseudociência. Esse enunciado remete ao erro científico em sua dimensão conceitual, decorrente de vieses ideológicos e preconceitos que influenciam a interpretação de dados. Considerando a taxonomia proposta por Allchin (2001, 2004), esse caso pode ser classificado como erro conceitual, associado a vieses de confirmação.

Já a enunciação de Elba Ramalho remete a problemas relacionados à divulgação de informações científicas não confiáveis. No espectro de erros científicos de Allchin (2001, 2004), tais situações aproximam-se dos erros discursivos, situados na dimensão sociocultural da ciência, especialmente no que se refere à divulgação científica. Essas enunciações podem ainda ser relacionadas à disseminação de notícias falsas e ao negacionismo científico, fenômenos amplamente discutidos na literatura contemporânea (David; Corrêa, 2020; Ianni Segatto, 2023).

Embora esses exemplos remetam a aspectos sociais da atividade científica, observa-se que o papel da comunidade científica na elucidação, debate e superação dos erros permanece pouco explicitado nos discursos dos sujeitos. Ainda que o erro seja reconhecido como produtivo e como ponto de partida para revisões, sua resolução aparece como resultado de ajustes técnicos ou metodológicos, e não como fruto de processos coletivos de crítica, negociação e consenso.

Esse apagamento da dimensão social do erro científico produz um efeito de sentido no qual a produção do conhecimento aparece fortemente individualizada. O erro é compreendido como motor de reelaboração do conhecimento, mas o funcionamento social da ciência, expresso em práticas como revisão por pares, controvérsias científicas, cooperação e disputa entre grupos de pesquisa, permanece quase inteiramente silenciado. Assim, embora os licenciandos reconheçam o erro como elemento constitutivo do desenvolvimento científico, não se evidencia, de forma consistente, a compreensão do papel central da comunidade científica nesse processo.

Além das concepções que atribuem ao erro um papel produtivo no desenvolvimento científico, emergem nas enunciações dos sujeitos sentidos que revelam compreensões problemáticas sobre o erro científico, especialmente quando observadas à luz da História e da Filosofia da Ciência. Um desses sentidos diz respeito ao olhar anacrônico para a História da Ciência, identificado na fala de Flávio José quando este menciona modelos científicos do passado como exemplos de erro científico. Ao tratar os primeiros modelos atômicos como “erros”, o sujeito produz um efeito de sentido segundo o qual o conhecimento científico anterior é avaliado a partir de critérios atuais, apagando as condições históricas e empíricas nas quais tais modelos foram produzidos.

Esse tipo de enunciação silencia o caráter histórico e contextual da produção do conhecimento científico e reinscreve uma visão retrospectiva e teleológica da ciência, na qual o passado é interpretado apenas como etapa imperfeita rumo à verdade atual, dessa forma, aponta para uma compreensão de desenvolvimento linear da ciência. Tal leitura desconsidera que modelos científicos não são erros em sentido estrito, mas respostas provisórias a problemas científicos colocados em determinados contextos históricos. Do ponto de vista da Análise de Discurso, esse gesto de significação produz um efeito de desqualificação do conhecimento histórico e reforça uma visão linear e cumulativa da ciência, criticada por Gil-Pérez et al. (2001) e tensionada por abordagens contemporâneas da NdC.

Outro sentido recorrente nas enunciações refere-se à compreensão do erro como oposto da verdade. Em diferentes respostas, o erro aparece como aquilo que precisa ser superado para que se alcance a verdade científica. Nessa perspectiva, o erro é concebido como falha provisória, tolerável apenas enquanto etapa

intermediária no caminho rumo ao conhecimento verdadeiro. Embora essa concepção represente um avanço em relação à ideia de ciência infalível, ela ainda mantém um efeito de sentido que associa o desenvolvimento científico à aproximação progressiva de uma verdade final, apagando controvérsias persistentes, disputas teóricas e a instabilidade própria do conhecimento científico.

Essa compreensão dialoga com o que Allchin (2001, 2004) identifica como níveis intermediários de aprendizagem sobre o erro científico, nos quais o erro é reconhecido como parte do processo, mas ainda subordinado a uma noção de progresso linear. Do ponto de vista discursivo, permanece silenciado o entendimento do erro como elemento constitutivo da prática científica, cuja identificação e interpretação dependem de negociações coletivas e de critérios historicamente construídos no interior das comunidades científicas.

Um terceiro aspecto que merece destaque é o deslocamento do erro científico para o erro pedagógico, observado na enunciação de Luiz Gonzaga, quando o sujeito cita como exemplo de erro científico uma concepção comum entre estudantes: a ideia de que aquilo que não é visível a olho nu não possui relevância em aspectos macroscópicos. Tal enunciação produz um efeito de estranhamento discursivo, pois o erro mobilizado não diz respeito a uma prática ou alegação científica produzida por cientistas, mas a uma dificuldade conceitual que é mais comum no contexto escolar.

Esse deslocamento pode ser interpretado como um indício de que os sentidos sobre “erro científico” não estão claramente estabilizados para o sujeito, ocorrendo uma sobreposição entre erro epistemológico, erro científico e erro de aprendizagem. Do ponto de vista da AD, esse gesto de significação evidencia um apagamento das condições de produção do erro na ciência, deslocando-o para o campo do ensino e reforçando uma imagem de ciência como instância normativa, frente à qual o erro aparece apenas como desconhecimento ou falha individual. Ao mesmo tempo, silencia-se o fato de que erros científicos, diferentemente de equívocos pedagógicos, são produzidos no interior de práticas científicas legítimas e só podem ser compreendidos como tais a partir de processos coletivos de validação e crítica.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Neste artigo analisamos concepções sobre a Natureza da Ciência e o erro científico a partir das respostas de licenciandos em Química a um questionário que abordava o funcionamento da ciência, a confiabilidade da atividade científica e o papel do erro na produção do conhecimento. Embora as questões propostas fossem amplas e abertas, as respostas apresentadas pelos sujeitos foram, em sua maioria, curtas e pouco desenvolvidas, o que aponta para um repertório restrito acerca dos temas mobilizados. Tal resultado chama atenção sobretudo quando se considera que os licenciandos já haviam cursado a disciplina de História da Química e encontravam-se em fase avançada da licenciatura, o que sugere limites importantes na apropriação de discussões epistemológicas, históricas e socioculturais sobre a ciência ao longo da formação inicial.

No que se refere ao funcionamento da ciência, os licenciandos tendem a enfatizar práticas associadas ao método científico, à testagem de hipóteses e à experimentação. Esses mesmos elementos reaparecem de forma central quando os sujeitos são provocados a explicar o que torna a ciência confiável. A recorrência desses sentidos produz o efeito de uma concepção de ciência algorítmica e técnica, na qual a confiabilidade é atribuída prioritariamente ao rigor metodológico e à comprovação empírica. Tal concepção aproxima-se de uma visão empiricista e indutivista da ciência, amplamente documentada na literatura da área, e que permanece recorrente mesmo em contextos de formação docente (Manica Grando; Meghioratti, 2021; Kliemann et al., 2022; Sordillo; Chamon, 2024).

Outro aspecto recorrente nas respostas diz respeito à compreensão do desenvolvimento científico como um processo linear, progressivo e cumulativo. A ciência aparece como um empreendimento que avança continuamente em direção à verdade, por meio do aperfeiçoamento de métodos, modelos e teorias, com silenciamento acerca de rupturas, controvérsias e mudanças de paradigma que marcam a história da ciência. Essa visão reforça o que Gil-Pérez et al. (2001) denominam de concepção deformada de ciência, na qual o

conhecimento científico é compreendido como crescimento contínuo, pouco atravessado por conflitos epistêmicos ou disputas teóricas.

De modo geral, observa-se também um forte silenciamento dos aspectos sociais, institucionais e políticos que atravessam o funcionamento da ciência e a confiabilidade das alegações científicas. Pouco ou nada se diz sobre processos coletivos de validação do conhecimento, como a revisão por pares, o estabelecimento de consensos, a disputa entre diferentes programas de pesquisa, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS), bem como as imposições institucionais e políticas que incidem sobre o trabalho científico. Esse apagamento produz uma imagem de ciência fortemente individualizada e técnica, na qual a dimensão comunitária desempenha papel secundário ou inexistente.

No que diz respeito ao erro científico, os licenciandos reconhecem, em certa medida, seu caráter produtivo e sua importância para o avanço do conhecimento. Contudo, o erro é majoritariamente compreendido como oposto da verdade ou como etapa transitória a ser superada por meio de ajustes teóricos e metodológicos. Ainda que essa concepção represente um avanço em relação à ideia de ciência infalível, ela mantém a centralidade de uma lógica progressiva e linear, na qual o erro é tolerado apenas enquanto meio para alcançar a verdade científica. Mais uma vez, observa-se o silenciamento do papel da comunidade científica na identificação e revisão dos erros, reforçando a compreensão de que a correção do erro decorre predominantemente de procedimentos técnicos, por meio de ajustes teóricos ou metodológicos, e não de processos coletivos de crítica, negociação e consenso.

Os resultados deste estudo indicam, portanto, a persistência de concepções reducionistas sobre a Natureza da Ciência e o erro científico entre licenciandos em Química, mesmo em etapas avançadas da formação inicial. Nesse sentido, as dimensões de confiabilidade da ciência e a taxonomia dos erros científicos (Allchin, 2001, 2004, 2011, 2012, 2017) demonstraram ser um importante referencial para a investigação de concepções sobre NdC e o papel dos erros para a construção do conhecimento, ao permitir evidenciar tanto os sentidos mobilizados quanto os silenciamentos presentes nos discursos dos sujeitos. Apesar disso, achamos necessário revisitar esses inventários para pensar em outros elementos que poderiam ser incluídos, modificados ou excluídos, a título de exemplo, consideramos que a fraude e a publicação em revistas de baixa confiabilidade, são elementos que poderiam ser caracterizados como má conduta e poderiam ser classificados de forma distinta no inventário, já que produzem efeitos distintos sobre a confiabilidade ou credibilidade na atividade científica.

Por fim, concordamos com o posicionamento de que as experiências formativas do professor têm influência sobre suas práticas pedagógicas, assim como seus valores e crenças. Dessa forma, quanto mais conhecimento abrangente e ampliado sobre NdC, maior a possibilidade de inserção dessas discussões ao currículo (Cortez; Kiouranis, 2019; Lima; Ibraim; Santos, 2021; Diniz; Assis, 2024). Acreditamos que abordar o erro como um componente inerente à ciência, em diálogo com aspectos históricos, filosóficos e socioculturais, contribui para uma visão mais integrada e pluralista da ciência, essencial para o ensino diante de desafios epistemológicos e sociais, quanto a esses aspectos se faz necessário empreender novas pesquisas.

Referências Bibliográficas

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701. <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Paixão, M. F., Acevedo, P., Oliva, J. M., & Manassero, M. A. (2005). Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência & Educação*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000100001>
- Allchin, D. (2001). Error types. *Perspectives on Science*, 9, 38–59. <https://doi.org/10.1162/10636140152947786>

- Allchin, D. (2004). Error and the nature of science. *ActionBioscience*.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542.
- Allchin, D. (2012). Teaching the nature of science through scientific errors. *Science Education*, 96(5), 904–926. <https://doi.org/10.1002/sce.21019>
- Allchin, D. (2017). Beyond the consensus view: Whole science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921>
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: Contribuição para uma psicanálise do conhecimento* (E. dos Santos Abreu, Trad.). Contraponto.
- Bejarano, N. R. R., Aduriz-Bravo, A., & Bonfim, C. S. (2019). Natureza da ciência (NOS): Para além do consenso. *Ciência & Educação*, 25(4), 967–982. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190040001>
- Chalmers, A. F. (1993). *O que é ciência afinal?* Editora Brasiliense.
- Cortez, J. M., & Kiouranis, N. M. M. (2019). Concepções de natureza da ciência de futuros professores de química: Reflexões a partir de um programa de formação orientado para a história e filosofia da ciência. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 14(2), 45–63.
- David, M. G., & Corrêa, M. F. (2020). As diversas faces da dúvida – ceticismo, negacionismo e confiança nas ciências. *Em Construção*, 8, 158–172.
- Dezin, N., & Lincoln, Y. (2006). Introdução: A disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In N. Dezin & Y. Lincoln (Orgs.), *O planejamento da pesquisa qualitativa: Teorias e abordagens* (2ª ed., pp. 15–41; Trad. S. R. Netz). ARTMED.
- Diniz, N. de P., & Assis, A. (2024). Ensino sobre a natureza da ciência: Um estudo de caso com dois professores da área de Ciências da Natureza do Ensino Médio. *Ciência & Educação*, 30. <https://doi.org/10.1590/1516-731320240046>
- Gil-Pérez, D. G., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência e Educação*, 7(2), 125–153.
- Ianni Segatto, A. (2023). Pós-verdade, negacionismo e fake news: Ensaio introdutório. *Estudos de Sociologia*, 28(1), 1–10.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7–8), 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Justi, R., & Erduran, S. (2015). Characterizing nature of science: A supporting model for teachers. In *Conference of the International History, Philosophy and Science Teaching Group*, Rio de Janeiro.
- Kliemann, G., Dullius, M. M., & Neide, I. G. (2022). Concepção de professores dos anos iniciais sobre a natureza da ciência e atividades experimentais. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 17(1), 45–58. <https://doi.org/10.14483/23464712.17388>
- Krupczak, C., & Aires, J. A. (2020). Controvérsias sociocientíficas como forma de promover os eixos da alfabetização científica. *Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 9(1), 1–20. <https://doi.org/10.33238/tear.9.1.262>
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>

- Lima, M. M., Ibraim, S. S., & Santos, M. (2021). Análise de aspectos de natureza da ciência expressos por uma professora em formação inicial no contexto de uma disciplina de história da química. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, e24345. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230104>
- Manica Grando, L., & Meghioratti, F. A. (2021). Formação acadêmica e as compreensões de natureza da ciência e de investigação científica de alunos de cursos de licenciatura. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 16(1), 46-67. <https://doi.org/10.14483/23464712.15425>
- Marín, N., Benarroch, A., & Niaz, M. (2013). Revisión de consensos sobre naturaleza de la ciencia. *Revista de Educación*, 361.
- Massi, L., & Queiroz, S. L. (2019). Aspectos da natureza da ciência presentes no discurso científico: Investigando os efeitos de sentido da linguagem científica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 46, 101–121.
- Matthews, M. R. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: A tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164–214.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3–26). Springer.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41–52). Kluwer Academic Publishers.
- Nicoladeli, A. T., & Ramos, M. B. (2021). A eugenia como temática para discussão da natureza da ciência na formação superior em ciências biológicas. *APeDuC Revista*, 2(2), 139–153.
- Osborne, J. F., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Ostermann, F. (1996). A epistemologia de Kuhn. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(3), 184–196.
- Orlandi, E. P. (2020). *Análise de discurso: Princípios e procedimentos* (13ª ed.). Pontes Editores.
- Portugal, K. O., & Broietti, F. C. D. (2020). Visões acerca da natureza da ciência de formandos em licenciatura em química. *Actio*, 5(1), 1–18. <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v5n1.10402>
- Rodrigues, A. A., Jorge, L., Del Pino, J. C., & Hipólito, S. da S. (2025). Breve análise sobre os discursos de licenciandos(as) em Física, Biologia e Matemática: Percepções sobre a natureza da ciência. *Educação: Teoria e Prática*, 35(69), e20[2025]. <https://doi.org/10.18675/1981-8106.v35.n.69.s17762>
- Sordillo, C. M. de O., & Chamon, E. M. Q. de O. (2024). Representações sociais de ciência por professores de Ciências da Natureza de um colégio da rede federal de ensino: Reflexões sobre a formação docente e a prática profissional na Educação Básica. *Horizontes*, 42(1), e023150. <https://doi.org/10.24933/horizontes.v42i1.1852>
- Santos, M., Maia, P., & Justi, R. (2020). Um modelo de ciências para fundamentar a introdução de aspectos de natureza da ciência em contextos de ensino e para analisar tais contextos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20, 581–616.
- Silva, A. C., & Almeida, M. J. P. M. (2017). Estratégias para coleta de informações numa pesquisa com apoio teórico-metodológico na análise de discurso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(3), 883–902.

Teixeira, P. M. M. (2020). A diversidade de pesquisas de natureza interventiva dentro da produção acadêmica em ensino de biologia: Uma análise teórico-metodológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(1), 140–158.

Vázquez, A., Acevedo, J. A., & Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34(1), 1–37.

Jéssyca Brena Soares Rodrigues

Titulação: Mestre

Afiliação institucional: UFRPE

E-mail: jessycabrena.quimica@gmail.com

Contribuição autoria: Conceptualização, desenvolvimento metodológico, organização e análise dos dados qualitativos, preparação e escrita do texto do artigo e revisão crítica da escrita final.

Ruth do Nascimento Firme

Titulação: Doutora

Afiliação institucional: UFRPE

E-mail: ruthquimica.ufrpe@gmail.com

Contribuição autoria: Coordenação do projeto e revisão crítica da escrita final.

Disponibilidade de dados

O conjunto de dados anonimizados que dá suporte aos resultados deste estudo foi disponibilizado no Dataverse scielo.br/epec e pode ser acessado mediante solicitação.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Financiamento

A pesquisa não recebeu financiamento.

Editor Responsável

Marina Martins

Contato

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG
Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais
revistapec@gmail.com

O CECIMIG agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela verba para a editoração deste artigo.