Tangram
Revista de Educação Matemática

Universidade Federal da Grande Dourados

Artigo original

Aquecimento global e B-R-O BRÓ: uma análise da metavisualização na formação inicial em Ciências da Natureza

Global Warming and B-R-O BRÓ: an Analysis of Metavisualization in Initial Teacher Education in Natural Sciences

Calentamiento Global y B-R-O BRÓ: un análisis de la metavisualización en la formación inicial en Ciencias de la Naturaleza

Kleyton do Nascimento Gomes[1*], Fernando Rocha da Costa[2]

Citação: Gomes, K. N., & Costa, F. R (2026). Aquecimento global e B-R-O BRÓ: uma análise da metavisualização na formação inicial em Ciências da Natureza. *Tangram: Revista de Educação Matemática*, *Volume 9*, e026028. https://doi.org/10.30612/tangram.v9i1.21546

Editores: Prof. Dr. Ademir de Souza Pereira – UFGD/Brasil e Prof. Dr. Leonardo Fábio Martinez Perez – UPN/Colômbia.

Recebido: 25/05/2026
Aceito: 13/09/2026
Publicado: 14/10/2026

Texto sobre copyright.

Três Criativos Agência Design
Diagramação

1. Universidade Federal do Piauí, Licenciado em Química e mestrando em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) da Universidade Federal do Piauí (UFPI).
2. Universidade Federal do Piauí, Licenciado em Química, mestre e doutor em Educação em Ciências e Matemática. Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

*autor correspondente: kleytongomes93@gmail.com

Resumo: Este estudo analisou as percepções de licenciandos em Ciências da Natureza sobre a relação entre o aquecimento global e o fenômeno regional B-R-O BRÓ, focalizando os processos metacognitivos de interpretação de representações visuais climáticas, isto é, a metavisualização, à luz da aprendizagem significativa. A pesquisa, de abordagem qualitativa e caracterizada como pesquisa-ação, foi realizada com 26 estudantes da Universidade Federal do Piauí (UFPI) por meio da aplicação de um formulário contendo questões abertas e interpretação de um gráfico de anomalias de temperatura global. Os dados foram analisados com base na Análise de Conteúdo de Bardin. Os resultados evidenciaram que os participantes reconhecem o aumento das temperaturas globais e conseguem relacioná-lo à intensificação do B-R-O BRÓ, embora persistam dificuldades na leitura crítica de gráficos climáticos e na articulação entre escalas globais e regionais. O fenômeno regional

mostrou-se um importante subsunçor para a construção de aprendizagens significativas no ensino de Ciências da Natureza.
Palavras-chave: Metavisualização. Aquecimento global. Aprendizagem significativa.

Abstract: This study analyzed the perceptions of undergraduate students in Natural Sciences regarding the relationship between global warming and the regional phenomenon known as B-R-O BRÓ, focusing on metacognitive processes involved in interpreting climate visual representations, that is, metavisualization, in light of meaningful learning theory. The qualitative research, characterized as action research, involved 26 students from the Federal University of Piauí (UFPI) through application of a questionnaire containing open-ended questions and interpretation of a global temperature anomaly graph. Data were analyzed using Bardin's Content Analysis. Findings showed that participants recognized the increase in global temperatures and related it to the intensification of the B-R--O BRÓ phenomenon, although difficulties persisted in critical reading of climate graphs and in articulating global and regional scales. The regional phenomenon proved to be an important subsumer for construction of meaningful learning in Natural Sciences teaching.
Keywords: Metavisualization. Global warming. Meaningful learning.

Resumen: Este estudio analizó las percepciones de estudiantes de licenciatura en Ciencias de la Naturaleza sobre la relación entre el calentamiento global y el fenómeno regional B-R-O BRÓ, enfocándose en los procesos metacognitivos de interpretación de representaciones visuales climáticas, es decir, la metavisualización, a la luz del aprendizaje significativo. La investigación, de enfoque cualitativo y caracterizada como investigación-acción, fue realizada con 26 estudiantes de la Universidad Federal de Piauí (UFPI), mediante la aplicación de un cuestionario con preguntas abiertas e interpretación de un gráfico de anomalías de temperatura global. Los datos fueron analizados mediante el Análisis de Contenido de Bardin. Los hallazgos evidenciaron que los participantes reconocen el aumento de las temperaturas globales y logran relacionarlo con la intensificación del B-R-O BRÓ, aunque persisten dificultades en

la lectura crítica de gráficos climáticos y en la articulación entre escalas globales y regionales. El fenómeno regional se mostró como un importante subsumidor para la construcción de aprendizajes significativos en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza.
Palabras clave: Metavisualización. Calentamiento global. Aprendizaje significativo.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A emergência climática consolidou-se como um dos desafios estruturantes do século XXI, mobilizando instituições científicas, políticas e educacionais em escala global. A síntese do Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (IPCC), publicado em 2023, apresenta evidências irrefutáveis de que as atividades humanas, nomeadamente a queima de combustíveis fósseis, os processos industriais e as alterações na utilização do planeta Terra, provocaram aumento significativo nas emissões de gases com o efeito estufa desde o período pré-industrial. As concentrações de dióxido de carbono (CO_2) registradas no período entre 2010 e 2019 excedem as de qualquer outra década na história recente, contribuindo para o aumento contínuo da temperatura média da atmosfera e dos oceanos (IPCC, 2023).

Diante desse cenário, a educação em Ciências ganha destaque na formação de sujeitos críticos, capazes de compreender, interpretar e posicionar-se frente a fenômenos complexos, dinâmicos e multiescalares, isto é, fenômenos que se manifestam e interagem em diferentes escalas espaciais e temporais, articulando processos globais, regionais e locais, como o aquecimento global. Contudo, a literatura tem demonstrado que a compreensão desses fenômenos por parte dos estudantes permanece limitada e marcada por lacunas conceituais persistentes. Estudos realizados demonstram a emergência de concepções alternativas, tais como a confusão entre clima e tempo atmosférico, bem como a dificuldade em distinguir causas e consequências das mudanças climáticas (Boyes; Stanisstreet; 2012; Monroe et al., 2019). No contexto brasileiro e português, a revisão narrativa conduzida por Couto, Gonçalves e Sermeus (2024) reforça esse quadro, ao apontar que estudantes brasileiros e portugueses partilham dificuldades semelhantes, relacionadas tanto às matrizes curriculares quanto às práticas pedagógicas ainda pouco orientadas para a complexidade do tema.

No âmbito do ensino de Ciências, a utilização de representações visuais, tais como gráficos, mapas, infográficos e simulações, constituem importantes recursos para construção e comunicação de dados e conceitos científicos. No entanto, seu potencial pedagógico continua a ser subutilizado de forma sistemática (Laburú; Gouveia; Barros, 2009), especialmente no que se refere ao desenvolvimento de competências para sua leitura crítica. Compreender uma representação não

se limita à identificação dos elementos nela presentes, mas envolve capacidades relacionadas à interpretação, à construção e ao uso consciente dessas formas de representação. Nesse contexto, Gilbert (2010) situa a metavisualização como um conhecimento de ordem metacognitiva relacionado à visualização, envolvendo a consciência acerca dos processos de visualização e das capacidades necessárias para interpretar e utilizar representações no pensamento científico.

Assim, a metavisualização não deve ser compreendida simplesmente como sinônimo de leitura crítica de imagens, mas como uma dimensão metacognitiva mediante a qual o sujeito pode refletir sobre sua própria compreensão e utilização das representações visuais. A metavizualização, conforme define Gilbert (2010), é entendida como a atividade metacognitiva da vizualização. Nesse sentido, essa competência assume particular relevância no contexto da educação climática, em que a compreensão de tendências, anomalias térmicas e distribuições estatísticas requer capacidades cognitivas mais elevadas.

A partir dessa concepção, este estudo realiza uma ampliação analítica do conceito para o contexto da educação climática. Considera-se que a metavisualização pode ser investigada a partir da maneira como licenciandos interpretam uma representação gráfica de dados climáticos, explicitam o que compreendem a partir dela, reconhecem dificuldades e limites de sua própria interpretação, e estabelecem relações entre a informação visual e fenômenos conhecidos em seu contexto regional. Desse modo, aspectos como a identificação dos limites explicativos do gráfico e a articulação entre a escala global do aquecimento e a realidade regional do B-R-O BRÓ constituem categorias interpretativas adotadas nesta investigação.

Já a Teoria da Aprendizagem Significativa, na perspectiva de David Ausubel, oferece um quadro teórico consistente para compreender essas dificuldades e potencialidades. Segundo Ausubel (2003) e Moreira (2011), a aprendizagem ocorre de forma mais efetiva quando novos conhecimentos se ancoram em estruturas cognitivas prévias, os chamados subsunçores, e quando o estudante estabelece relações não arbitrárias e não literais entre o novo conteúdo e sua experiência. Os subsunçores são conhecimentos prévios relevantes, presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, que funcionam como pontos de ancoragem para incorporação e atribuição de significado a novos conhecimentos (Ausubel, 2003; Moreira, 2011). No caso das mudanças climáticas, tais subsunçores frequentemente emer-

gem de vivências cotidianas dos estudantes, especialmente aquelas relacionadas à percepção de variações de temperatura em seus territórios.

Nesse sentido, a vivência de licenciandos com o período regionalmente denominado B-R-O BRÓ não constitui automaticamente um subsunçor para a compreensão do aquecimento global. Entretanto, os conhecimentos construídos pelos estudantes a partir dessa experiência, como as noções de sazonalidade, períodos de maior temperatura, baixa umidade, variação térmica e características climáticas regionais podem constituir potenciais subsunçores, desde que estejam disponíveis e suficientemente organizados em sua estrutura cognitiva para estabelecer relações com novos conhecimentos científicos.

No Nordeste brasileiro, especialmente no estado do Piauí, essa dimensão experiencial manifesta-se de forma significativa no fenômeno culturalmente denominado B-R-O BRÓ, expressão popular que designa o período mais quente e seco do ano, geralmente compreendido entre setembro e dezembro. O termo é empregado regionalmente para designar um período do ano reconhecido pela população pela ocorrência de temperaturas elevadas, forte insolação e, em determinados contextos, baixa umidade do ar, caracterizando temperaturas no Piauí que ficam em torno de 40°C e podem ultrapassar os 42°C nos dias mais quentes (Climatempo, 2020; Mourão, 2022). Embora se trate de um fenômeno climático regional e sazonal, sua intensificação nas últimas décadas, frequentemente percebida pelos estudantes, tem suscitado associações diretas com o aquecimento global. Dados institucionais e registros regionais indicam a ocorrência cada vez mais precoce e severa desse período em estados como o Piauí (Governo do Piauí, 2025), inserindo-o em um contexto mais amplo de vulnerabilidade climática do semiárido nordestino. Essa região concentra a maior população em área de clima árido do mundo e apresenta projeções preocupantes quanto à intensificação de eventos extremos.

Essa articulação entre experiência local e fenômenos globais constitui um campo fértil para investigar processos de negociação de significados nos quais os estudantes mobilizam conhecimentos científicos, saberes cotidianos e interpretações mediadas por representações visuais. Compreender como esses sujeitos interpretam gráficos de temperatura global e como relacionam tais informações ao B-R-O BRÓ permite identificar níveis de compreensão conceitual, como também analisar limites e potencialidades da metavisualização no ensino de Ciências.

Assim, o objetivo desta investigação foi de analisar as percepções de licenciandos em Ciências da Natureza acerca da relação entre o aquecimento global e o fenômeno regional B-R-O BRÓ, focalizando processos metacognitivos de interpretação de representações visuais climáticas, isto é, da metavisualização à luz da aprendizagem significativa no contexto da formação inicial docente.

PERCURSO METODOLÓGICO

A presente investigação caracteriza-se como pesquisa de abordagem qualitativa, desenvolvida sob os pressupostos da pesquisa-ação, com destaque na fase do diagnóstico, face as limitações textuais. Essa abordagem foi escolhida por possibilitar a articulação entre investigação e prática pedagógica, permitindo compreender e intervir simultaneamente no contexto educativo, favorecendo a reflexão crítica sobre processos de ensino e aprendizagem (Thiollent, 2011). No campo do ensino de Ciências, especialmente em temáticas complexas como as mudanças climáticas, a pesquisa-ação mostra-se particularmente pertinente, pois permite ao pesquisador atuar como mediador do processo formativo, promovendo a construção coletiva de conhecimentos e a negociação de significados entre os participantes.

A pesquisa foi realizada com 26 licenciandos do curso de Ciências da Natureza da Universidade Federal do Piauí (UFPI), regularmente matriculados no primeiro período letivo de 2026/1, na disciplina Introdução ao Trabalho Científico e à Pesquisa em Ciências, ofertada no primeiro semestre do curso. A escolha desse público justifica-se pelo fato de se tratar de estudantes em formação inicial docente, cujas concepções sobre fenômenos científicos e formas de interpretação de dados possuem implicações diretas em suas futuras práticas pedagógicas, também por ser uma disciplina que o pesquisador ministra aulas e é responsável. O desenvolvimento da pesquisa seguiu as etapas da pesquisa-ação, organizadas de forma articulada e contínua. Inicialmente, na etapa de diagnóstico, buscou-se identificar os conhecimentos prévios e os possíveis subsunçores dos estudantes acerca do aquecimento global, do fenômeno regional B-R-O BRÓ e da interpretação de representações visuais de dados climáticos. Para isso, foi aplicado um formulário semiestruturado, contendo questões abertas e fechadas, além de itens que envolviam leitura e interpretação de um gráfico de temperatura global. Essa etapa permitiu mapear concepções iniciais, dificuldades conceituais e níveis de compreensão dos participantes.

Na etapa de planejamento, os dados obtidos no diagnóstico foram analisados de forma preliminar, possibilitando identificar lacunas de compreensão, especialmente no que se refere à distinção entre fenômenos locais e globais, bem como às dificuldades na leitura de gráficos e na identificação de relações de causalidade. Esses elementos subsidiaram a organização das ações pedagógicas subsequentes. A etapa de ação-intervenção consistiu na discussão coletiva das respostas produzidas pelos próprios estudantes, com ênfase na problematização das concepções identificadas. Nesse momento, foram explorados aspectos como a diferença entre clima e tempo atmosférico, a relação entre o aquecimento global e o fenômeno B-R-O BRÓ, bem como limites e potencialidades das representações visuais utilizadas na comunicação científica. Essa etapa teve como foco promover a aprendizagem significativa, na medida em que buscou articular os conhecimentos prévios dos estudantes com novos referenciais teóricos, favorecendo a construção de significados mais elaborados (Ausubel, 2003).

Por fim, na etapa de reflexão e análise, procedeu-se à sistematização e interpretação dos dados produzidos ao longo da pesquisa, com o objetivo de compreender os processos de aprendizagem dos participantes e os níveis de metavisualização evidenciados em suas respostas ainda da etapa de planejamento. Devido à limitação textual e aos objetivos do artigo, os dados das interações sociais não são apresentados, sobretudo da etapa ação-intervenção, dado o grande volume de dados empíricos. Assim, os dados empíricos são apresentados apenas parcialmente, com destaque para a atividade metacognitiva.

Já o tratamento dos dados foi realizado por meio da Análise de Conteúdo, conforme proposta por Bardin (2016), seguindo as etapas de pré-análise, exploração do material, e tratamento dos resultados e interpretação. Esse procedimento permitiu a organização das falas em categorias temáticas, evidenciando padrões de resposta, níveis de compreensão conceitual e formas de interpretação das representações visuais. No que se refere aos aspectos éticos, a pesquisa respeitou os princípios estabelecidos para estudos com seres humanos. Todos os participantes foram devidamente informados sobre os objetivos da investigação e aceitaram participar voluntariamente, mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o Parecer nº 6.960.836 e CAAE nº 80018724.2.0000.5214, assegurando o anonimato dos participantes e a confidencialidade das informações coletadas, sendo nomeados de L1 até L26.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que este manuscrito constitui um recorte da pesquisa-ação desenvolvida, os resultados apresentados nesta seção correspondem à etapa diagnóstica da investigação. Com o objetivo de promover processos de reflexão, interpretação crítica e negociação de significados posteriormente, acerca das mudanças climáticas, foi utilizada uma atividade metacognitiva baseada na análise de uma representação visual de dados climáticos globais (figura 1). Nela, buscou-se compreender como os licenciandos interpretavam tendências térmicas, limites explicativos e relações entre fenômenos globais e regionais.

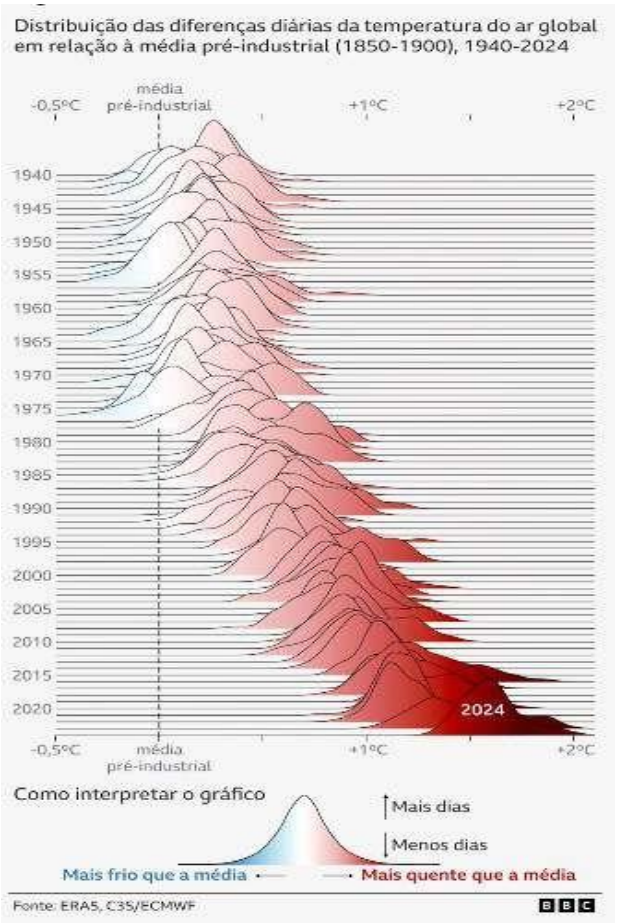

Figura 1. Imagem do gráfico de distribuição das anomalias diárias da temperatura do ar global em relação à média pré-industrial (1940–2024) utilizado na atividade metacognitiva sobre aquecimento global e B-R-O BRÓ.

Fonte: BBC News Brasil (2025).

A partir da interpretação do gráfico apresentado na atividade metacognitiva, os licenciandos elaboraram diferentes compreensões acerca das mudanças climáticas e da evolução da temperatura global, demonstrando distintos níveis de leitura, interpretação e atribuição de significado às representações visuais utilizadas no contexto do ensino de Ciências da Natureza, conforme mostra a figura 2.

L1 – O gráfico mostra que a Terra está ficando mais quente com o tempo, evidência clara do aquecimento global.

L2 – Mostra que, ao longo do tempo, a temperatura foi aumentando e ficando mais quente.

L3 – Mostra que, conforme evoluímos tecnologicamente, a temperatura aumenta junto.

L4 – A temperatura do planeta antes da revolução industrial.

L5 – Distribuição de temperatura em cada ano.

L6 – O gráfico mostra a evolução das anomalias globais de temperatura diária em relação à média pré-industrial.

L7 – O aumento da temperatura ao longo dos anos.

L8 – O crescente aumento da temperatura.

L9 – Que ao longo dos anos, a média diária foi se intensificando e houve aumento na temperatura.

L10 – O aumento de temperatura.

L11 – Distribuição das diferenças diárias da temperatura do ar global em relação à média pré-industrial.

L12 – Mostra que, com o passar dos anos, a temperatura foi se elevando.

L13 – Esse gráfico é uma representação visual do aquecimento global ao longo das décadas, mostrando como a temperatura da Terra saiu do seu equilíbrio normal.

L14 – A temperatura tem se elevado nos últimos tempos.

L15 – A natureza mostrando que tem algo errado.

L16 – A variação da temperatura média durante os dias.

L17 – Como o clima tem aumentado com o passar dos anos.

L18 – O gráfico mostra que o planeta está ficando cada vez mais quente, com mais dias de calor e menos dias de frio.

L19 – Aumento das temperaturas ao longo do tempo.

L20 – O aumento gradual da temperatura.

L21 – A variação da temperatura que, a cada ano que passa, está cada vez maior.

L22 – As diferenças diárias de temperatura do ar global nos anos de 1940 até 2024.

L23 – O aumento da temperatura.

L24 – O gráfico mostra a evolução das anomalias globais de temperatura diária em relação à média pré-industrial.

contínua

L25 – Mostra como era a temperatura de muitos anos atrás e como está atualmente.

L26 – Que antes o clima não era tão quente como está agora; antes era menos quente e agora está mais quente que a média.

Figura 2. Interpretações dos licenciandos sobre o gráfico de anomalias de temperatura global utilizado na atividade metacognitiva.

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

A análise das respostas dos licenciandos acerca da interpretação do gráfico de anomalias de temperatura global (L1–L26) mostra diferentes níveis de compreensão e revela, de forma significativa, os processos de metavisualização mobilizados pelos estudantes. De modo geral, observa-se que a maioria dos participantes foi capaz de identificar a tendência central representada no gráfico, e o aumento da temperatura ao longo do tempo, ainda que com diferentes graus de aprofundamento. Esse resultado reforça as discussões acerca da importância das representações visuais no ensino de Ciências, especialmente na mediação de conceitos abstratos e sistêmicos, como as mudanças climáticas (Gilbert 2010).

Um primeiro grupo de respostas, como L1, L2, L7, L8, L10, L12, L14, L17, L19, L20, L23 e L25, caracteriza-se por uma leitura descritiva da tendência geral, destacando o aumento da temperatura global ao longo dos anos. Esses enunciados indicam que os estudantes conseguem identificar o movimento principal da representação gráfica, o que demonstra compreensão básica da informação visual. No entanto, tais respostas tendem a permanecer em nível superficial, sem explicitar os elementos estruturais do gráfico ou os conceitos científicos envolvidos, como anomalias térmicas ou referência à média pré-industrial. Segundo Ainsworth (2006), esse tipo de leitura é comum quando os estudantes conseguem reconhecer padrões visuais, mas ainda apresentam dificuldades em interpretar os significados científicos mais profundos das representações.

Um segundo grupo, mais elaborado, inclui respostas como L6, L11, L13, L18, L22 e L24, nas quais se observa a incorporação de termos técnicos e uma leitura mais próxima do discurso científico. Esses estudantes reconhecem o gráfico como uma representação das anomalias de temperatura em relação à média pré-industrial, compreendem sua dimensão temporal e, em alguns casos, iden-

tificam aspectos mais complexos, como a intensificação de extremos térmicos (L18). Essas respostas indicam um nível mais avançado de metavisualização, na medida em que os participantes descrevem o que veem e interpretam os dados à luz de conceitos científicos. Conforme argumentam Kozma e Russell (2005), a capacidade de interpretar representações científicas envolve processos cognitivos sofisticados de tradução, inferência e articulação entre diferentes linguagens da ciência.

Além disso, as respostas mais elaboradas sugerem avanços nos processos de alfabetização climática, entendida como a capacidade de compreender fenômenos climáticos, interpretar dados e reconhecer suas implicações sociais e ambientais (Monroe *et al*., 2019). Em L18, por exemplo, ao afirmar que há “mais dias de calor e menos dias de frio”, o estudante demonstra compreensão da distribuição das temperaturas e dos efeitos das mudanças climáticas sobre eventos extremos.

Por outro lado, algumas respostas mostram interpretações parciais ou concepções alternativas, como L3, L4, L5 e L16. Em L3, por exemplo, o aumento da temperatura é associado diretamente ao avanço tecnológico, o que indica uma tentativa de estabelecer relações causais, ainda que de forma simplificada. Já L4 e L5 apresentam leituras fragmentadas do gráfico, sem explicitar sua tendência principal, enquanto L16 reduz a interpretação à ideia de variação diária, sem considerar o caráter histórico e acumulativo da representação. Esses casos sugerem dificuldades na articulação entre os elementos visuais e os conceitos científicos subjacentes. Segundo Pozo e Crespo (2009), concepções alternativas persistem no ensino de Ciências quando os estudantes interpretam fenômenos complexos a partir de referências cotidianas ainda pouco articuladas ao conhecimento científico escolarizado.

Destaca-se, ainda, a presença de respostas como L15, que expressa uma interpretação subjetiva (“a natureza mostrando que tem algo errado”), indicando uma leitura baseada em percepção geral, mas sem fundamentação conceitual explícita. Esse tipo de resposta revela que, embora o gráfico produza impacto interpretativo, nem sempre esse impacto se traduz em compreensão científica estruturada. Para Santaella (2012), imagens e representações visuais possuem forte potencial de sensibilização e produção de sentido, mas sua compreensão científica depende de processos mediadores de leitura e interpretação.

De modo geral, os dados indicam que os estudantes conseguem identificar a tendência de aquecimento global, mas apresentam dificuldades em compreender aspectos mais complexos da representação, como a noção de anomalia térmica, a referência à média pré-industrial e a interpretação da distribuição das temperaturas ao longo do tempo. Isso evidencia limitações no desenvolvimento da metavisualização, entendida como a capacidade de interpretar criticamente representações visuais, reconhecer seus significados e limites (Gilbert, 2010). Tais resultados corroboram as discussões de Laburú, Gouveia e Barros (2009), ao apontarem que o uso de imagens e gráficos no ensino de Ciências frequentemente ocorre de maneira ilustrativa, sem exploração sistemática de seus significados epistemológicos.

À luz da teoria da aprendizagem significativa, esses resultados sugerem que os estudantes possuem potenciais subsunçores relacionados à ideia geral de aumento de temperatura, mas ainda não consolidaram estruturas cognitivas mais complexas que permitam interpretar plenamente representações científicas mais elaboradas. Conforme destaca Moreira (2011), a aprendizagem significativa depende da capacidade de estabelecer relações substantivas entre novos conhecimentos e estruturas cognitivas prévias, exigindo mediações pedagógicas que favoreçam diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos. A diferenciação progressiva refere-se ao processo pelo qual conceitos mais gerais são gradualmente detalhados e diferenciados, enquanto a reconciliação integrativa consiste no estabelecimento de relações entre conceitos, identificando semelhanças, diferenças e possíveis contradições, de modo a reorganizar e articular conhecimentos na estrutura cognitiva (Ausubel, 2003; Moreira, 2011).

Nesse sentido, os resultados reforçam a importância de práticas de ensino que valorizem o uso orientado de representações visuais como instrumentos ilustrativos, também como ferramentas cognitivas para a construção do conhecimento científico. A exploração sistemática de gráficos, associada à problematização de seus elementos e à articulação com contextos reais, pode contribuir para o desenvolvimento da metavisualização e para uma compreensão mais crítica e integrada das mudanças climáticas. Conforme defendem Hodson (2014) e Carvalho (2018), o ensino de Ciências comprometido com a formação crítica precisa promover a leitura reflexiva de dados científicos, especialmente diante de problemas socioambientais complexos e contemporâneos, como a emergência climática.

Buscando aprofundar a compreensão dos estudantes acerca das relações entre fenômenos climáticos globais e experiências regionais, os participantes foram questionados sobre a capacidade explicativa do gráfico de anomalias de temperatura global em relação ao fenômeno B-R-O BRÓ. Isso permitiu identificar níveis distintos de articulação entre interpretação visual, contexto territorial e compreensão climática, conforme mostra a figura 3.

L1 – Parcialmente, o gráfico não explica a causa do B-R-O BRÓ, mas mostra por que ele pode estar mais forte hoje.

L2 – Parcialmente, porque já é um fenômeno típico nosso.

L3 – Não, pois o B-R-O BRÓ é cíclico, não é contínuo.

L4 – Parcialmente, pois dá para entender que o Piauí já é uma região seca muito antes da colonização.

L5 – Parcialmente.

L6 – Sim, este gráfico ajuda a explicar porque o fenômeno B-R-O BRÓ tem se tornado cada vez mais severo.

L7 – Sim, uma vez que mostra o aumento da temperatura global, que influencia diretamente nos períodos do B-R-O BRÓ.

L8 – Sim, porque demonstra como acontece.

L9 – Parcialmente, pois trata-se de uma pesquisa global e não de uma região específica, mas essas informações estão interligadas.

L10 – Não.

L11 – Sim.

L12 – Sim, pois houve alterações climáticas ao decorrer do tempo.

L13 – Parcialmente, muitas pessoas não sabem ler gráficos.

L14 – Sim, o gráfico mostra que as temperaturas estão aumentando ao longo dos anos.

L15 – Não, porque esse período já existe, mas agora se intensificou mais.

L16 – Não, pois esse gráfico remete a uma questão global e o B-R-O BRÓ é um evento regional.

L17 – Não, porque o B-R-O BRÓ não é consequência do efeito estufa.

L18 – Parcialmente, pois ele ajuda a entender por que está ficando mais quente, mas não explica sozinho o B-R-O BRÓ.

L19 – Não sei.

L20 – Parcialmente, pela evidência do aumento da temperatura.

L21 – Parcialmente, porque esse período é caracterizado por altas temperaturas, e o que ocorre é a elevação das temperaturas esperadas.

L22 – Parcialmente, ele analisa ao longo dos anos o aquecimento global, mas não explica o motivo disso acontecer.

contínua

L23 – Parcialmente, pois o gráfico mostra o aumento da temperatura ao longo do tempo; o B-R-O BRÓ pode ter interferência porque é nessa época que a temperatura fica mais quente a cada ano.

L24 – Sim, este gráfico ajuda a explicar porque o fenômeno no B-R-O BRÓ tem se tornado cada vez mais severo.

L25 – Sim.

L26 – Sim, pela ilustração do gráfico mostra resumidamente que o clima vem aumentando.

Figura 3. Percepções dos licenciandos sobre a relação entre o gráfico de aquecimento global e o fenômeno B-R-O BRÓ.

Fonte: ?

A análise das respostas dos licenciandos acerca da relação entre o gráfico de anomalias de temperatura global e o fenômeno B-R-O BRÓ (L1–L26) mostra níveis distintos de compreensão sobre a articulação entre fenômenos climáticos globais e manifestações regionais. De modo geral, observa-se predominância de respostas que reconhecem uma relação parcial entre o aquecimento global e a intensificação do B-R-O BRÓ, revelando processos de negociação de significados e tentativas de articulação entre conhecimentos científicos e experiências cotidianas.

Um primeiro conjunto de respostas, representado por L1, L2, L4, L5, L9, L18, L20, L21, L22 e L23, caracteriza-se por uma compreensão intermediária, marcada pelo uso recorrente do termo “parcialmente”. Nesses excertos, os estudantes reconhecem que o gráfico contribui para compreender o aumento das temperaturas, mas demonstram cautela ao estabelecer relações diretas entre o aquecimento global e o fenômeno regional. Em L1, por exemplo, o participante afirma que o gráfico “não explica a causa do B-R-O BRÓ, mas mostra por que ele pode estar mais forte hoje”, indicando uma percepção relativamente moderada da distinção entre causalidade e intensificação. Esse aspecto também aparece em L21, ao reconhecer que “o que ocorre é a elevação das temperaturas esperadas para o período”, evidenciando compreensão de que o fenômeno regional preexiste, mas pode ser agravado pelas mudanças climáticas globais.

Esse movimento interpretativo revela indícios de processos de aprendizagem significativa, uma vez que os estudantes procuram relacionar novas informações científicas às suas experiências prévias e ao contexto climático regional em que vivem. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem ocorre quando novos

conhecimentos estabelecem relações substantivas com estruturas cognitivas já existentes, permitindo reorganizações conceituais progressivas. Nesse caso, o B-R-O BRÓ funciona como importante subsunçor territorialmente situado, favorecendo a ancoragem dos conceitos relacionados ao aquecimento global.

Outro grupo de respostas, como L6, L7, L8, L11, L12, L14, L24, L25 e L26, estabelece relação mais direta entre o gráfico e o agravamento do B-R-O BRÓ. Nesses casos, os participantes compreendem que o aumento da temperatura global representado no gráfico influencia a intensificação do calor regional. Destacam-se respostas como L6 e L24, que afirmam que o gráfico ajuda a explicar por que o fenômeno “tem se tornado cada vez mais severo”. Esses excertos sugerem um nível mais elaborado de articulação entre escalas local e global, demonstrando capacidade de interpretar tendências climáticas amplas e relacioná-las a experiências regionais concretas.

Essa compreensão aproxima-se das discussões presentes no relatório do IPCC, que apontam que o aumento da temperatura média global intensifica eventos extremos e amplia a frequência e a severidade de ondas de calor em diferentes regiões do planeta (IPCC, 2023). Embora o B-R-O BRÓ seja um fenômeno sazonal e regional, os estudantes começam a reconhecer que as mudanças climáticas globais podem potencializar suas características térmicas, indicando processos de negociação de significados mais complexos.

Por outro lado, algumas respostas revelam uma compreensão mais restritiva ou fragmentada, como L3, L10, L15, L16 e L17. Em L3, o estudante argumenta que o B-R-O BRÓ “é cíclico, não é contínuo”, sugerindo que a natureza sazonal do fenômeno inviabilizaria sua relação com o aquecimento global. Já em L16, o participante distingue explicitamente fenômenos globais e regionais, afirmando que o gráfico “remete a uma questão global e o B-R-O BRÓ é um evento regional”. Embora essas respostas revelem limitações na articulação entre escalas climáticas, elas demonstram um aspecto importante da metavisualização: a percepção dos limites explicativos da representação visual utilizada.

Nesse sentido, as respostas indicam que parte dos estudantes interpreta o conteúdo do gráfico e reflete sobre seu alcance explicativo e acerca de limitações inerentes às representações científicas. Essa habilidade relaciona-se diretamente à metavisualização, compreendida como a capacidade de interpretar, analisar criticamente e atribuir significado às representações visuais no contexto científico

(Gilbert, 2010). Conforme argumentam Gilbert (2010) e Ainsworth (2006), o entendimento de representações visuais exige, além da leitura literal, também associações cognitivas relacionadas à contextualização, comparação e inferência.

A resposta L17 merece destaque por afirmar que “o B-R-O BRÓ não é consequência do efeito estufa”, mostrando compreensão parcial do fenômeno. Embora o estudante reconheça corretamente que o B-R-O BRÓ não é causado diretamente pelo aquecimento global, a resposta não explicita a possibilidade de intensificação das temperaturas regionais em decorrência das mudanças climáticas. Esse dado demonstra como os processos de negociação de significados ainda se encontram em construção, especialmente no que se refere à distinção entre fenômenos naturais e sua intensificação antrópica. Resultados semelhantes são discutidos por Monroe *et al*. (2019), ao destacarem que estudantes frequentemente apresentam dificuldades em compreender relações sistêmicas e multiescalares associadas às mudanças climáticas.

Além disso, algumas respostas apontam dificuldades relacionadas à leitura e interpretação do gráfico, como em L13, em que o estudante afirma que “muitas pessoas não sabem ler gráficos”. Essa percepção reforça a relevância da alfabetização visual e da metavisualização no ensino de Ciências, sobretudo em temas mediados por representações estatísticas complexas. Para Laburú, Gouveia e Barros (2009), a utilização de representações visuais no ensino de Ciências frequentemente ocorre de forma ilustrativa, sem exploração sistemática de seus significados e limitações, o que pode comprometer processos mais profundos de compreensão conceitual.

De maneira geral, os resultados indicam que os estudantes conseguem reconhecer a tendência de aumento das temperaturas globais e estabelecer relações com o agravamento das condições térmicas regionais. Contudo, persistem dificuldades na compreensão das relações entre escalas climáticas, causalidade e intensificação dos fenômenos. As respostas demonstram que a experiência cotidiana com o B-R-O BRÓ constitui um importante ponto de partida para a construção do conhecimento científico, mas também evidenciam a necessidade de mediações pedagógicas que favoreçam maior diferenciação conceitual e integração entre conhecimentos científicos e experiências locais.

Assim, os dados reforçam a importância de abordagens didáticas contextualizadas, capazes de articular fenômenos globais às realidades regionais dos

estudantes, utilizando representações visuais como ilustrações e instrumentos cognitivos para o desenvolvimento da metavisualização, da alfabetização climática e da compreensão crítica das mudanças climáticas.

Com o intuito de compreender os limites interpretativos atribuídos pelos estudantes à representação visual utilizada, os licenciandos foram questionados sobre quais aspectos o gráfico de anomalias de temperatura global não conseguia explicar. Isso permitiu identificar dificuldades de leitura, lacunas conceituais e níveis de criticidade relacionados à metavisualização, conforme a figura 4.

L1 – O gráfico mostra que está esquentando, mas não explica onde exatamente, por quê em detalhe, nem fenômenos locais específicos.

L2 – Não explica o efeito humano.

L3 – A menos que a pessoa seja da área ou tenha noção do assunto, não vai compreender.

L4 – Os relevos.

L5 – O que causa o B-R-O BRÓ.

L6 – Temperatura absoluta, variações locais ou regionais e consequências diretas.

L7 – Não mostra a causa, mas destaca a influência da indústria.

L8 – Alguns detalhes do fenômeno.

L9 – Acredito que nada.

L10 – Não sei.

L11 – Nada.

L12 – Como isso ocorreu.

L13 – É um gráfico de estatística climática; mostra que o mundo esquentou, mas não explica os mecanismos por trás disso.

L14 – Não mostra detalhes de regiões específicas (como o Nordeste ou o Brasil).

L15 – A quantidade de desmatamento.

L16 – A questão de qual variação de temperatura está sendo considerada.

L17 – O gráfico fez análise de 5 em 5 anos.

L18 – Mostra que está esquentando, mas não explica os detalhes nem o que acontece em cada lugar específico.

L19 – Não mostra a causa do aquecimento global nem o que está provocando essas mudanças.

L20 – Não apresenta as regiões mais afetadas.

L21 – O local pesquisado e o motivo do aumento da temperatura.

L22 – Não explica o motivo do aquecimento global crescer ao longo dos anos.

L23 – O B-R-O BRÓ.

L24 – Temperatura absoluta, variações locais ou regionais e consequências diretas.

contínua

L25 – Não mostra as causas das consequências ao longo dos anos.
L26 – “Mais dias” e “menos dias”: não entendi muito bem.

Figura 4. Limitações identificadas pelos licenciandos na interpretação do gráfico de anomalias de temperatura global utilizado na atividade metacognitiva.

Fonte: ?

A análise das respostas dos licenciandos acerca das limitações do gráfico de anomalias de temperatura global (L1–L26) revela aspectos particularmente relevantes para a compreensão dos processos de metavisualização no ensino de Ciências. Diferentemente das respostas anteriores, centradas predominantemente na identificação da tendência de aumento da temperatura global, esse conjunto demonstra um movimento interpretativo mais reflexivo, no qual os estudantes reconhecem o que o gráfico mostra e aquilo que ele não consegue explicar ou representar. Tal aspecto aproxima-se da necessidade da alfabetização climática crítica, pois urge a necessidade de formar sujeitos capazes de interpretar, questionar e contextualizar dados científicos em diferentes escalas.

Um primeiro grupo de respostas, representado por L1, L6, L13, L14, L18, L19, L20, L21, L22, L24 e L25, demonstra compreensão mais elaborada acerca dos limites explicativos da representação visual. Em L1, por exemplo, o estudante afirma que o gráfico “mostra que está esquentando, mas não explica onde exatamente, por quê em detalhe, nem fenômenos locais específicos”, evidenciando percepção de que o gráfico apresenta tendências globais, mas não contempla especificidades regionais ou causalidades detalhadas. Essa compreensão também aparece em L13, ao afirmar que o gráfico “mostra que o mundo esquentou, mas não explica os mecanismos por trás disso”, indicando uma distinção importante entre evidência empírica e explicação causal.

Essas respostas revelam níveis mais avançados de metavisualização, entendida como a capacidade de interpretar criticamente representações visuais, reconhecendo seus limites, intencionalidades e possibilidades explicativas (Gilbert, 2010). Conforme argumenta Gilbert (2010), a compreensão de representações científicas não envolve apenas a leitura literal dos dados, mas também a habilidade de questionar o alcance interpretativo da imagem, suas ausências e os

contextos em que foi produzida. Nesse sentido, as respostas indicam que parte dos estudantes consegue compreender que gráficos climáticos sintetizam tendências estatísticas amplas, mas não explicam isoladamente fenômenos regionais específicos, como o B-R-O BRÓ. Kozma e Russell (2005) acrescentam que as representações científicas exigem habilidades de tradução entre diferentes formas de linguagem, permitindo ao estudante transitar entre gráficos, conceitos e fenômenos empíricos.

Outro aspecto recorrente refere-se à distinção entre escalas globais e locais. Respostas como L14, “Não mostra detalhes de regiões específicas”, e L20, “Não apresenta as regiões mais afetadas”, demonstram que os participantes percebem a ausência de territorialização dos dados apresentados. Tal percepção é particularmente relevante em pesquisas sobre educação climática porque a literatura aponta que estudantes frequentemente apresentam dificuldades em conectar fenômenos globais a experiências locais (Monroe *et al.,* 2019). Nesse contexto, o reconhecimento das limitações espaciais do gráfico demonstra leitura mais crítica e contextualizada da representação visual. Para Leiserowitz, Smith e Marlon (2011), a dificuldade de relacionar mudanças climáticas globais ao cotidiano constitui um dos principais desafios da educação ambiental contemporânea.

Além disso, algumas respostas apontam para a ausência de informações relacionadas às causas das mudanças climáticas. Em L2, o estudante afirma que o gráfico “não explica o efeito humano”, enquanto L19 ressalta que “não mostra a causa do aquecimento global nem o que está provocando essas mudanças”. Tais respostas indicam que os participantes reconhecem que o gráfico demonstra o aumento das temperaturas, mas não explicita os mecanismos envolvidos, como emissão de gases de efeito estufa, desmatamento ou industrialização. Esse dado reforça a ideia de que os estudantes começam a distinguir diferentes dimensões da comunicação científica, descrição de dados, explicação causal e contextualização socioambiental. Essa percepção aproxima-se das discussões do IPCC, que destacam a necessidade de compreender os efeitos das mudanças climáticas e suas causas estruturais e antrópicas (IPCC, 2023).

Algumas respostas também demonstram tentativas de mobilização de conhecimentos científicos específicos, ainda que de forma parcial ou fragmentada. Em L7, por exemplo, o participante afirma que o gráfico “destaca a influência da indústria”, enquanto L15 menciona “a quantidade de desmatamento”. Essas respostas sugerem que os estudantes procuram preencher lacunas explicativas

do gráfico com conhecimentos prévios sobre aquecimento global, indicando processos de negociação de significados e articulação entre informações visuais e repertório conceitual prévio. À luz da teoria da aprendizagem significativa , isso demonstra que os estudantes tentam ancorar a interpretação da representação visual em subsunçores já existentes, ainda que nem sempre de forma plenamente estruturada. Moreira (2011) destaca que esse processo de ancoragem cognitiva é fundamental para a consolidação de aprendizagens mais duradouras e relacionais. Ressalta-se que a ancoragem cognitiva corresponde ao processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira significativa, com conhecimentos prévios relevantes (subsunçores) já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, favorecendo a compreensão e a incorporação do novo conhecimento (Ausubel, 2003; Moreira, 2011).

Por outro lado, algumas respostas mostram dificuldades de interpretação gráfica e limitações na leitura dos elementos visuais. Em L3, o estudante afirma que, “a menos que a pessoa seja da área ou tenha noção do assunto, não vai compreender”, sugerindo percepção de complexidade técnica da representação. Em L26, a dificuldade aparece de forma explícita: “‘mais dias’ e ‘menos dias’: não entendi muito bem”. Essas respostas revelam obstáculos relacionados à alfabetização visual e estatística, corroborando as discussões de Ainsworth (2006) sobre a necessidade de desenvolver competências específicas para interpretação de múltiplas representações no ensino de Ciências. Schnotz e Kürschner (2007) ressaltam que representações visuais complexas exigem mediação pedagógica intencional para que os estudantes consigam interpretar relações abstratas e quantitativas, de forma a reduzir a carga cognitiva dos estudantes.

As respostas L9, L10 e L11, por sua vez, indicam ausência de compreensão ou dificuldade de elaboração interpretativa, mostrando que parte dos estudantes ainda apresenta limitações significativas na leitura crítica do gráfico. Esse aspecto reforça a necessidade de práticas pedagógicas que explorem, de forma sistemática, a interpretação de gráficos climáticos, especialmente em cursos de formação inicial de professores. Segundo Carvalho (2018), a formação docente em Ciências precisa incorporar práticas de leitura crítica de dados e representações científicas, considerando a crescente circulação de informações climáticas na sociedade contemporânea.

De modo geral, os resultados demonstram que os estudantes conseguem identificar a tendência de aquecimento global representada no gráfico, mas apre-

sentam dificuldades em compreender seus limites metodológicos, variáveis envolvidas e escalas de análise. Entretanto, o fato de muitos participantes explicitarem aquilo que o gráfico “não mostra” constitui um indicativo importante de desenvolvimento de competências metavisuais, pois evidencia que os estudantes ultrapassam a leitura meramente descritiva e refletem criticamente sobre os alcances e limitações das representações científicas. Isso vai ao encontro das ideias de Freire (1996), que defende uma educação pautada na problematização crítica da realidade e na construção ativa de sentidos.

Logo, os dados reforçam a importância de abordagens didáticas que promovam a utilização de representações visuais e problematização de seus significados, ausências e possibilidades interpretativas. Conforme argumentam Laburú, Gouveia e Barros (2009), a exploração crítica de imagens e gráficos no ensino de Ciências constitui elemento fundamental para a construção de uma alfabetização científica. Assim, com base em Hodson (2014) e Sauvé (2016), uma educação científica voltada às questões socioambientais precisa articular criticidade, contextualização territorial e participação ativa dos sujeitos diante da emergência climática global.

Com o objetivo de compreender como os licenciandos articulavam fenômenos climáticos globais e experiências térmicas regionais, os participantes foram convidados a explicar, com suas próprias palavras, a relação entre o aquecimento global e o fenômeno B-R-O BRÓ. Isso possibilitou demonstrar processos de negociação de significados, contextualização territorial e construção conceitual no ensino de Ciências, conforme a figura 5.

L1 – O B-R-O BRÓ já é um período naturalmente muito quente no Nordeste, e o aquecimento global não o cria, mas o intensifica.

L2 – São fenômenos distintos, mas se potencializam, resultando em temperaturas extremas, especialmente no Nordeste.

L3 – O B-R-O BRÓ é um evento cíclico anual; sua relação com o aquecimento global pode estar associada à diminuição das áreas verdes e aumento da produção industrial.

L4 – O desmatamento e a emissão de carbono contribuem para o avanço do aquecimento global.

L5 – Não sei explicar.

L6 – O B-R-O BRÓ é um fenômeno climático regional e sazonal (setembro a dezembro), e o aquecimento global atua como intensificador.

contínua

L7 – O B-R-O BRÓ é um período de aquecimento intenso em uma região, enquanto o aquecimento global ocorre em escala mundial.

L8 – São influências da ação humana na natureza.

L9 – Cada região tem características climáticas próprias, mas o aumento da temperatura afeta essas condições.

L10 – Eles colaboram um com o outro.

L11 – O aquecimento global pode piorar o B-R-O BRÓ.

L12 – O B-R-O BRÓ é quando o calor ultrapassa o normal e gera consequências negativas; o aquecimento global é o aumento da temperatura global.

L13 – O B-R-O BRÓ é uma característica natural do clima, enquanto o aquecimento global o torna mais intenso e perigoso.

L14 – O aquecimento global aumenta a temperatura média do planeta, intensificando períodos já quentes, como o B-R-O BRÓ.

L15 – O B-R-O BRÓ já existia, enquanto o aquecimento global é um fenômeno construído ao longo das décadas.

L16 – À medida que o aquecimento global aumenta, o B-R-O BRÓ fica mais quente.

L17 – O B-R-O BRÓ é um fenômeno natural do Nordeste, enquanto o aquecimento global está associado ao aumento do calor.

L18 – O B-R-O BRÓ é o calor “normal” da época, e o aquecimento global intensifica esse calor.

L19 – Não sei sobre o B-R-O BRÓ.

L20 – O B-R-O BRÓ indica um período mais quente, enquanto o aquecimento global é o aumento da temperatura do planeta que afeta fenômenos climáticos.

L21 – Com o aquecimento global, esse período apresenta temperaturas mais altas do que o esperado.

L22 – Ambos envolvem calor intenso.

L23 – O B-R-O BRÓ é o aumento natural da temperatura nos últimos meses do ano, e o aquecimento global intensifica esse processo.

L24 – Um é consequência da ação humana e o outro está relacionado ao efeito estufa.

L25 – A cada ano a temperatura aumenta devido ao aquecimento global.

L26 – O B-R-O BRÓ é natural entre setembro e dezembro, mas o aquecimento global aumenta a temperatura e intensifica a sensação térmica.

Figura 5. Compreensões dos licenciandos sobre a relação entre aquecimento global e o fenômeno B-R-O BRÓ.

Fonte: ?

A análise das respostas dos licenciandos acerca da relação entre o fenômeno regional B-R-O BRÓ e o aquecimento global (L1–L26) mostra avanço significativo na elaboração conceitual dos estudantes, sobretudo no que se refere à distinção entre fenômenos naturais regionais e processos climáticos globais. Diferentemente das respostas iniciais sobre aquecimento global, predominantemente descritivas, esse conjunto revela processos mais complexos de negociação de significados, nos quais os participantes procuram articular experiências cotidianas, conhecimentos científicos e interpretações mediadas pelas representações visuais discutidas anteriormente.

Um primeiro grupo de respostas, representado por L1, L2, L6, L13, L14, L18, L20, L21, L23 e L26, demonstra compreensão cientificamente mais consistente da relação entre os fenômenos. Nessas respostas, os estudantes reconhecem que o B-R-O BRÓ constitui um fenômeno climático regional, sazonal e pré-existente, enquanto o aquecimento global atua como fator de intensificação das temperaturas. Em L1, por exemplo, o participante afirma que “o aquecimento global não o cria, mas o intensifica”, demonstrando distinção clara entre causalidade e agravamento climático. Essa compreensão também aparece em L13 e L18, ao caracterizarem o B-R-O BRÓ como o “calor normal da época”, intensificado pelo aumento global das temperaturas.

Esses dados revelam níveis mais avançados para promover a aprendizagem significativa, pois os estudantes conseguem integrar conhecimentos científicos abstratos às suas experiências territoriais concretas. O B-R-O BRÓ, enquanto fenômeno vivido no cotidiano nordestino, funciona como potencial subsunçor para a compreensão de processos climáticos globais mais complexos, favorecendo a construção de relações não arbitrárias entre conhecimento científico e realidade local. Conforme Ausubel (2003), esse processo de ancoragem cognitiva é fundamental para a consolidação de conceitos científicos mais elaborados. Moreira (2011) complementa essa perspectiva, ao afirmar que a aprendizagem significativa implica transformação de estruturas cognitivas a partir da interação entre conhecimentos prévios e novos conteúdos, especialmente quando os sujeitos conseguem atribuir sentido ao que aprendem.

À luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, a identificação de potenciais subsunçores não decorreu simplesmente da familiaridade dos participantes com o B-R-O BRÓ, mas dos elementos conceituais presentes em suas respostas, que poderiam funcionar como pontos de ancoragem para novos conhecimentos. En-

tre esses elementos, destacaram-se: (i) o reconhecimento da sazonalidade, expresso pela associação do B-R-O BRÓ aos meses de setembro a dezembro; (ii) a compreensão de que esse período apresenta temperaturas naturalmente elevadas; (iii) a diferenciação, ainda que inicial, entre um período sazonal regional e o aquecimento global; e (iv) a percepção de que o aumento da temperatura global pode intensificar condições térmicas já existentes regionalmente. Esses elementos foram considerados potenciais subsunçores por constituírem conhecimentos prévios relevantes que poderiam estabelecer relações substantivas com conceitos científicos mais específicos, como variabilidade climática, anomalia térmica, efeito estufa e mudanças climáticas.

As evidências empíricas dessa inferência podem ser observadas, por exemplo, em L1, ao afirmar que “o B-R-O BRÓ já é um período naturalmente muito quente no Nordeste, e o aquecimento global não o cria, mas o intensifica”; em L6, que diferencia o caráter regional e sazonal do B-R-O BRÓ da atuação intensificadora do aquecimento global; em L13, ao reconhecer que o primeiro corresponde a uma característica do clima regional, enquanto o segundo pode torná-la mais intensa; e em L14, ao estabelecer que “o aquecimento global aumenta a temperatura média do planeta, intensificando períodos já quentes, como o B-R-O BRÓ”. Tais respostas demonstram estruturas conceituais prévias mais elaboradas do que a simples percepção cotidiana do calor, pois envolvem relações entre sazonalidade, escala espacial, aumento da temperatura e intensificação.

Além disso, as respostas mostram um movimento importante de articulação entre escalas climáticas distintas. Em L7, o participante diferencia explicitamente o caráter regional do B-R-O BRÓ da dimensão mundial do aquecimento global. Já em L14, reconhece-se que o aumento da temperatura média do planeta “intensifica períodos já quentes”, indicando compreensão de que fenômenos locais podem ser agravados por alterações climáticas globais. Esse tipo de elaboração demonstra capacidade de relacionar fenômenos multiescalares, habilidade considerada fundamental nos processos de alfabetização climática (Monroe *et al*., 2019). Segundo Leiserowitz, Smith e Marlon (2011), uma das principais dificuldades na educação climática reside justamente na compreensão das conexões entre experiências locais e processos atmosféricos globais, aspecto que aparece de forma mais elaborada nas respostas analisadas.

Outro aspecto relevante refere-se à incorporação de elementos relacionados às ações humanas e aos impactos ambientais. Em L3 e L4, por exemplo, os estudantes mencionam desmatamento, emissão de carbono, industrialização e redução das áreas verdes como fatores relacionados ao agravamento das temperaturas. Essas respostas aproximam-se das discussões apresentadas pelo IPCC, que destacam a influência antrópica no aumento das emissões de gases de efeito estufa e na intensificação dos eventos climáticos extremos (IPCC, 2023). Tais respostas sugerem que os estudantes conseguem mobilizar conhecimentos científicos mais amplos para explicar fenômenos percebidos em sua realidade cotidiana. Nesse sentido, Carvalho e Farias (2011) argumentam que a educação ambiental crítica deve favorecer leituras socioambientais integradas, permitindo compreender os fenômenos climáticos para além de explicações estritamente naturalistas.

Por outro lado, algumas respostas ainda revelam simplificações conceituais ou compreensões parciais. Em L10, “Eles colaboram um com o outro”, e L22, “Ambos envolvem calor intenso”, percebe-se uma relação genérica entre os fenômenos, sem explicitação dos mecanismos envolvidos. Já em L12, o B-R-O BRÓ é descrito como o momento em que “o calor ultrapassa o normal”, o que sugere certa dificuldade em diferenciar fenômeno climático sazonal de evento extremo. Essas respostas indicam que parte dos estudantes ainda opera em nível mais intuitivo de compreensão, com menor diferenciação conceitual. Segundo Pozo e Crespo (2009), concepções espontâneas tendem a persistir mesmo após processos de escolarização, especialmente quando os conteúdos científicos não são suficientemente contextualizados e problematizados.

As respostas L15 e L17 merecem destaque por evidenciarem um processo importante de refinamento conceitual. Em L15, o estudante afirma que “o B-R-O BRÓ já existia”, enquanto o aquecimento global foi “construído ao longo das décadas”, demonstrando reconhecimento da historicidade distinta entre os fenômenos. Em L17, o participante reforça o caráter natural do B-R-O BRÓ e associa o aquecimento global ao aumento do calor, ainda que de forma simplificada. Essas falas sugerem processos de reconciliação integrativa, nos termos ausubelianos, nos quais os estudantes reorganizam suas estruturas cognitivas para integrar conhecimentos aparentemente contraditórios. Conforme Novak e Gowin (1999), esse processo é fundamental para a construção de conhecimentos científicos mais estáveis e relacionais.

A resposta L19, “Não sei sobre o B-R-O BRÓ”, contudo, mostra que alguns participantes ainda apresentam limitações significativas de compreensão, mesmo se tratando de um fenômeno fortemente presente no contexto regional. Isso demonstra que a vivência territorial, embora importante, não garante automaticamente a construção de conhecimento científico sistematizado, reforçando a necessidade de mediação pedagógica intencional. Para Freire (1996), a experiência cotidiana precisa ser problematizada pedagogicamente para se transformar em conhecimento crítico e emancipatório.

De modo geral, os dados indicam que os estudantes conseguem estabelecer relações mais complexas entre o aquecimento global e o B-R-O BRÓ do que aquelas observadas nas respostas iniciais sobre mudanças climáticas. Observa-se um avanço importante na compreensão de que fenômenos naturais regionais podem ser intensificados por processos globais de origem antrópica, revelando processos consistentes de negociação de significados e diferenciação conceitual.

Sob a perspectiva da metavisualização, os resultados sugerem que a interpretação prévia do gráfico de anomalias de temperatura global contribuiu para ampliar a capacidade dos estudantes de relacionarem dados científicos abstratos a fenômenos concretos de sua realidade local. Conforme argumenta Gilbert (2010), o desenvolvimento da competência metavisual envolve leitura de representações visuais, assim como sua articulação com conhecimentos científicos e contextos socioculturais específicos. Ainsworth (2006) destaca que múltiplas representações favorecem a aprendizagem quando os estudantes conseguem estabelecer relações entre diferentes modos de apresentação da informação. No caso desta pesquisa, o gráfico climático funcionou como mediador entre dados científicos globais e experiências térmicas locais vivenciadas pelos estudantes.

Assim, os resultados reforçam a importância de abordagens pedagógicas contextualizadas, capazes de integrar fenômenos globais e experiências locais, promovendo a alfabetização climática, além do desenvolvimento da metavisualização e da aprendizagem significativa na formação inicial de professores de Ciências da Natureza. Com base em Hodson (2014) e Sauvé (2016), é preciso articular criticidade, contexto socioterritorial e participação ativa dos sujeitos, especialmente diante dos desafios impostos pela crise climática global, sobretudo na educação científica na atualidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do gráfico de anomalias de temperatura global como atividade metacognitiva mostrou-se relevante para mobilizar processos de reflexão, interpretação e negociação de significados. Os dados mostram que os estudantes conseguiram identificar a tendência geral de aumento da temperatura global, reconhecendo o aquecimento climático como fenômeno progressivo e historicamente intensificado. Entretanto, persistiram dificuldades relacionadas à interpretação de aspectos mais complexos da representação visual, como a noção de anomalia térmica, a escala temporal utilizada, os mecanismos causais envolvidos e os limites explicativos do gráfico.

Nesse contexto, os resultados reforçam a importância da metavisualização no ensino de Ciências, especialmente diante da crescente circulação de gráficos, infográficos e representações estatísticas relacionadas às mudanças climáticas. Observou-se que parte dos participantes ultrapassou uma leitura meramente descritiva das representações visuais, demonstrando capacidade de reconhecer ausências, limites interpretativos e relações entre fenômenos globais e experiências locais. Esse aspecto apresenta indícios importantes de desenvolvimento de competências metavisuais, fundamentais para a alfabetização científica e climática na atualidade.

Outro aspecto relevante refere-se ao papel do fenômeno B-R-O BRÓ como elemento contextualizador e potencial subsunçor para a aprendizagem significativa. As respostas indicam que os estudantes conseguem estabelecer relações entre o fenômeno regional, vivido cotidianamente no Nordeste brasileiro, e o aumento global das temperaturas. Muitos participantes compreenderam que o B-R-O BRÓ não é criado pelo aquecimento global, mas intensificado por ele, demonstrando avanços importantes na diferenciação conceitual entre fenômenos naturais regionais e processos climáticos globais de origem antrópica.

À luz da teoria da aprendizagem significativa, os dados sugerem que a articulação entre conhecimentos científicos e experiências territoriais favorece a construção de significados mais robustos e contextualizados. O B-R-O BRÓ mostrou-se um importante mediador cognitivo para a compreensão das mudanças climáticas, possibilitando que conceitos abstratos fossem ancorados em experiências concretas vivenciadas pelos estudantes. Nesse sentido, a pesquisa

demonstra a relevância de abordagens pedagógicas territorializadas, capazes de aproximar fenômenos globais das realidades socioculturais dos sujeitos.

Além disso, os resultados revelam que a simples presença do tema aquecimento global nos currículos escolares não garante, por si só, uma compreensão científica aprofundada. Persistem lacunas relacionadas à leitura crítica de representações visuais, à articulação entre escalas climáticas e à compreensão dos mecanismos envolvidos nas mudanças climáticas. Esse cenário reforça a necessidade de práticas pedagógicas que promovam problematização, contextualização e exploração sistemática de múltiplas representações no ensino de Ciências.

Considera-se que esta investigação contribui para o campo do ensino de Ciências, ao articular metavisualização, aprendizagem significativa e educação climática em um contexto regional ainda pouco explorado nas pesquisas da área. Espera-se que os resultados possam subsidiar novas estratégias didáticas voltadas ao ensino das mudanças climáticas, bem como estimular futuras investigações sobre o uso de representações visuais, fenômenos climáticos regionais e formação docente em Ciências da Natureza.

É evidente que este estudo traz contribuições relevantes para a formação inicial de professores de Ciências da Natureza, sobretudo ao demonstrar a necessidade de fortalecer competências relacionadas à alfabetização climática, interpretação de dados científicos e a metavisualização. Considerando os desafios impostos pela emergência climática contemporânea, torna-se fundamental formar docentes capazes de mediar criticamente discussões socioambientais complexas, articulando ciência, território, cultura e cotidiano.

Agradecimentos: À Universidade Federal do Piauí pela realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

Ainsworth, S. (2006). *DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations.* Learning and Instruction, 16(3), 183–198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos:* uma perspectiva cognitiva (L. Teopisto, Trad.). Plátano Edições.

Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo* (L. A. Reto & A. Pinheiro, Trads.). Edições 70.

BBC News Brasil. (2025). *Os gráficos que mostram como Terra atingiu 'linha vermelha' de aquecimento em 2024.* Recuperado em 10 de agosto de 2026, de https://www.bbc.com/portuguese/articles/czj3yem097po.

Boyes, E., & Stanisstreet, M. (2012). Environmental education for behavior change: Which actions should be targeted? *International Journal of Science Education*, 34(10), 1591-1614. http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.584079

Carvalho, I. C. M. (2018). *Educação ambiental: A formação do sujeito ecológico* (7ª ed.). Cortez.

Carvalho, I. C. M., & Farias, C. R. O. (2011). Um balanço da produção científica em educação ambiental de 2001 a 2009. *Revista Brasileira de Educação*, 16(46), 119–134. https://doi.org/10.1590/S1413-24782011000100007

Climatempo. (2020). *Saiba o que é o B-R-Ó BRÓ do Piauí*. Recuperado em 10 de agosto de 2026, de https://www.climatempo.com.br/noticia/2020/09/02/comeca-o-b-r-o-bro-do-piaui-5540

Couto, V. H., Gonçalves, P. W., & Sermeus, J. (2024). Uma revisão narrativa das percepções e concepções de estudantes brasileiros e portugueses sobre as mudanças climáticas. *Terrae Didatica*, *20*(00), e024009. https://doi.org/10.20396/td.v20i00.8674120

Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia:* saberes necessários à prática educativa. Paz e Terra.

Gilbert, J. K. (2010). The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1–19. Recuperado em 10 de agosto de 2026, de https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v11_issue1_files/foreword.pdf

Governo do Piauí. (2025). *B-R-O Bró chega mais cedo ao Piauí: temperaturas elevadas e baixa umidade preocupam*. Recuperado em 10 de agosto de 2026, de https://www.pi.gov.br/b-r-o-bro-chega-mais-cedo-no-piaui--temperaturas-elevadas-e-baixa-umidade-preocupam

Hodson, D. (2014). Becoming part of the solution: Learning about activism, learning through activism, learning from activism. In L. Bencze & S. Alsop (Eds.), *Activist science and technology education* (pp. 67–98). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4360-1_5

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. IPCC. Recuperado em 10 de agosto de 2026, de https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 121–145). Springer. Recuperado em 10 de agosto de 2026, de https://link.springer.com/book/10.1007/1-4020-3613-2#page=156

Laburú, C. E., Gouveia, A. A., & Barros, M. A. (2009). Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: Uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 26*(1), 24-47. Recuperado em 10 de agosto de 2026, de https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n1p24

Leiserowitz, A., Smith, N., & Marlon, J. R. (2011). *American teens' knowledge of climate change*. Yale University. Recuperado em 10 de agosto de 2026, de https://climatecommunication.yale.edu/publications/american-teens-knowledge-of-climate-change/

Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791–812. https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842

Moreira, M. A. (2011). *Aprendizagem significativa*: A teoria e textos complementares. Livraria da Física.

Mourão, L. (2022). Altas temperaturas e calor no B-R-Ó bró em Teresina e no Piauí viram meme nas redes sociais. *G1 Piauí.*

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1999). *Aprender a aprender*. Plátano Edições.

Pozo, J. I., & Crespo, M. Á. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de Ciências:* do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico (5ª ed.). Artmed.

Santaella, L. (2012). *Leitura de imagens*. Melhoramentos.

Sauvé, L. (2016). Viver juntos em nossa Terra: Desafios contemporâneos da educação ambiental. *Revista Contrapontos,* 16(2), 288–299. https://doi.org/10.14210/contrapontos.v16n2.p299

Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19(4), 469–508. https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-4

Thiollent, M. (2011). *Metodologia da pesquisa-ação* (18a ed.). São Paulo, SP: Cortez.