

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

A Biologia da Cognição no contexto do letramento científico: uma perspectiva teórico-conceitual

Jair Wesley Ferreira Bueno, Edison de Jesus Manoel

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15087>

Submetido em: 2026-02-10

Postado em: 2026-02-12 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

ARTIGO

A BIOLOGIA DA COGNIÇÃO NO CONTEXTO DO LETRAMENTO CIENTÍFICO: UMA PERSPECTIVA TEÓRICO-CONCEITUAL

JAIR WESLEY FERREIRA BUENO¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3704-7462>

<wferreirab@gmail.com>

EDISON DE JESUS MANOEL²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5460-9407>

<ejmanoel@usp.br >

¹ Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.

² Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO: O letramento científico valoriza a capacidade de compreender conceitos científicos e aplicá-los em situações cotidianas e na resolução de problemas; entretanto, o desenvolvimento dessa capacidade ainda se mostra incipiente. Argumenta-se que a Biologia da Cognição, desenvolvida por Humberto Maturana e Francisco Varela, oferece uma base teórica relevante para compreender esse processo. Este artigo, de natureza teórico-conceitual, explora a definição, a importância e os principais aspectos do letramento científico e da Biologia da Cognição, com o objetivo de compreender esses conceitos e identificar conexões entre eles no ensino de ciências. Nessa perspectiva, o conhecimento não é tratado como mera recepção de informações, mas como um processo ativo que emerge da relação dinâmica entre organismo/pessoa e ambiente, sustentado por processos como autopoiese, acoplamento estrutural e cognição encarnada. Assim, o letramento científico é compreendido como uma capacidade construída em ciclos percepção-ação e ação-percepção, nos quais o estudante produz sentido ao explorar fenômenos, formular hipóteses, testar explicações e relacionar conceitos científicos à experiência vivida. Como implicação pedagógica, defende-se que práticas investigativas, ativas e situadas favorecem a aprendizagem significativa, ao aproximarem a ciência do cotidiano e fortalecerem a participação crítica e informada dos estudantes diante de problemas reais.

Palavras-chave: letramento científico, ensino de ciências, biologia da cognição, escola.

THE BIOLOGY OF COGNITION IN THE CONTEXT OF SCIENTIFIC LITERACY: A THEORETICAL-CONCEPTUAL PERSPECTIVE

ABSTRACT: Scientific literacy emphasizes the ability to understand scientific concepts and apply them to everyday situations and problem solving; however, the development of this competence remains incipient. This article argues that the Biology of Cognition, developed by Humberto Maturana and Francisco Varela, provides a relevant theoretical framework for understanding this process. This theoretical-conceptual study examines the definition, importance, and main aspects of scientific literacy and the Biology of Cognition, with the aim of clarifying these concepts and identifying connections between them in science education. From this perspective, knowledge is not conceived as the mere reception of information, but as an active process that emerges from the dynamic relationship between organism/person and environment, supported by processes such as autopoiesis, structural coupling, and embodied cognition. Accordingly, scientific literacy is understood as a competence constructed through perception-action and action-perception cycles, in which students produce meaning by exploring phenomena, formulating hypotheses, testing explanations, and relating scientific concepts to lived

experience. As a pedagogical implication, the study argues that investigative, active, and situated practices foster meaningful learning by bringing science closer to everyday life and strengthening students' critical and informed engagement with real-world problems.

Keywords: scientific literacy, science education, biology of cognition, school.

LA BIOLOGÍA DE LA COGNICIÓN EN EL CONTEXTO DEL LETRAMIENTO CIENTÍFICO: UNA PERSPECTIVA TEÓRICO-CONCEPTUAL

RESUMEN: El letramiento científico enfatiza la capacidad de comprender conceptos científicos y aplicarlos en situaciones cotidianas y en la resolución de problemas; sin embargo, el desarrollo de esta capacidad aún es incipiente. Se argumenta que la Biología de la Cognición, desarrollada por Humberto Maturana y Francisco Varela, ofrece una base teórica relevante para comprender este proceso. Este artículo, de naturaleza teórico-conceptual, explora la definición, la importancia y los principales aspectos del letramiento científico y de la Biología de la Cognición, con el objetivo de clarificar estos conceptos e identificar conexiones entre ellos en la enseñanza de las ciencias. Desde esta perspectiva, el conocimiento no se concibe como una mera recepción de información, sino como un proceso activo que emerge de la relación dinámica entre organismo/persona y ambiente, sustentado por procesos como la autopoiesis, el acoplamiento estructural y la cognición encarnada. En este sentido, el letramiento científico se entiende como una capacidad construida a través de ciclos de percepción–acción y acción–percepción, en los cuales el estudiante produce sentido al explorar fenómenos, formular hipótesis, poner a prueba explicaciones y relacionar conceptos científicos con la experiencia vivida. Como implicación pedagógica, se sostiene que las prácticas investigativas, activas y situadas favorecen el aprendizaje significativo al aproximar la ciencia a la vida cotidiana y fortalecer la participación crítica e informada de los estudiantes frente a problemas reales.

Palabras clave: letramiento científico, enseñanza de las ciencias, biología de la cognición, escuela.

INTRODUÇÃO

A ciência desempenha um papel crucial em quase todos os aspectos da vida moderna, atravessando diferentes esferas, como tecnologia, cultura e sociedade. Nesse sentido, o ensino de ciências na escola é fundamental para que o estudante se torne um indivíduo capaz de perceber, interpretar e compreender a ciência como prática cotidiana. No entanto, muitos estudantes ainda a percebem como uma coleção de fatos desconectados, sem relação direta com suas vidas diárias.

Esse problema pode ir além da educação básica, como se observa no relato de Richard Feynman (1918–1988), Prêmio Nobel de Física em 1965. Ao descrever seu ano sabático no Centro Brasileiro de Física Teórica, no Rio de Janeiro, Feynman (1985) registra sua surpresa ao constatar que os estudantes brasileiros eram capazes de enunciar conceitos, princípios e teorias da Física, mas tinham dificuldades para explicá-los e explorar suas aplicações e implicações na natureza. Após dez meses de aulas no Rio de Janeiro, Feynman realizou uma palestra para o corpo docente e para os estudantes, chamando atenção para os rumos do ensino de ciências — da Física, em particular —, que estaria produzindo “decobras” funcionais, mas falhando em formar cientistas e sujeitos curiosos, capazes de investigar como o conhecimento científico pode abrir um universo de dúvidas e incertezas, território no qual o conhecimento efetivamente avança. De modo leve, por vezes irônico, mas sempre rigoroso, Feynman já apontava um problema que ainda atravessa o ensino de ciências: a ausência de letramento científico.

O letramento científico¹ (LC)² constitui um componente fundamental da educação, pois capacita os indivíduos a compreender e mobilizar conceitos científicos de maneira prática e relevante, superando a desconexão mencionada (Bybee, 1997; Laugksch, 2000; NRC, 1996). Como se lê:

Em um mundo repleto de produtos da investigação científica, o letramento científico tornou-se uma necessidade para todos. Todos precisam usar informações científicas para tomar decisões que surgem todos os dias. Todos precisam ser capazes de se engajar de forma inteligente no discurso público e no debate sobre questões importantes que envolvem ciência e tecnologia. E todos merecem compartilhar a emoção e a realização pessoal que podem vir do entendimento e do aprendizado sobre o mundo natural (NRC, 1996, p. 1; tradução nossa).

Alguns conceitos da Biologia, por exemplo, são fundamentais para compreender modos mais adequados de utilizar recursos naturais, relacionar-se de forma sustentável com o meio ambiente, prevenir e tratar doenças, desenvolver medicamentos e compreender como a genética influencia decisões na atualidade, entre outros aspectos (Ribeiro et al., 2020). Além disso, o LC permite acompanhar acontecimentos cotidianos veiculados na internet, em jornais, revistas e televisão e, sobretudo, elaborar posicionamentos críticos sobre eles.

O cumprimento da tarefa de educar cientificamente e de forma crítica tem a seu favor o fato de que os estudantes — notadamente as crianças — são curiosos, questionadores e criativos, isto é, apresentam disposições investigativas. Essas características, somadas à proposta da escola de ensinar ciências para desenvolver habilidades cruciais durante a aprendizagem, favorecem o desenvolvimento de atitudes em relação à ciência que podem influenciar a compreensão dos estudantes no curto e no longo prazo.

O letramento científico torna-se, portanto, crucial em uma sociedade cada vez mais dependente da ciência e da tecnologia, pois possibilita que os estudantes participem de forma informada e crítica das discussões e decisões que afetam suas vidas e o mundo ao seu redor (Bybee, 1995; Bybee, 1997; Laugksch, 2000; NRC, 1996; OECD, 2007). Compreendê-lo e valorizá-lo constitui um passo fundamental para que o LC se efetive no ensino de ciências na escola e esteja a serviço de uma educação de qualidade, crítica e transformadora, capaz de favorecer a compreensão do papel do estudante como cidadão e, ao mesmo tempo, estimular sua autonomia. Nesse sentido, como apontam Milaré et al. (2009), essa perspectiva permite aos indivíduos o acesso a um conjunto mínimo de conhecimentos científicos necessários ao exercício da cidadania.

Reconhecida tal importância, esta pesquisa teórico-conceitual tem como objetivo demonstrar que, embora existam diferentes habilidades consideradas necessárias para indivíduos letrados cientificamente (Sasseron & Carvalho, 2011)³, uma capacidade fundamental é a de relacionar o conhecimento adquirido na escola com o cotidiano. Nessa direção, a Biologia da cognição, desenvolvida por Maturana e Varela (1995), oferece uma base teórica capaz de inspirar um processo de ensino-aprendizagem orientado ao letramento científico. Tradicionalmente, o conhecimento é tratado como fruto de processos de codificação do mundo externo em representações mentais. Em contraste, ao tomar a cognição como fenômeno encarnado e relacional, sustentado por processos de autopoiese e acoplamento estrutural, argumenta-se que o conhecimento emerge da transformação das relações entre organismo (pessoa) e ambiente, por meio de ciclos de percepção-ação e ação-percepção.

¹ Embora não seja raro encontrar o uso alfabetização científica como sinônimo de letramento ou literacia científica, optamos, neste artigo, pela expressão letramento científico, considerando a tradição e o alcance do termo “letramento”. Nessa perspectiva, a ênfase recai não apenas no reconhecimento de conceitos, princípios e teorias científicas, mas também – e sobretudo – na capacidade de mobilizar esse conhecimento em diferentes contextos e de avaliar criticamente suas implicações para a tecnologia e sociedade (*cf.* Coppi et al., 2025).

² Em alguns trechos, utiliza-se a sigla LC para designar letramento científico, exclusivamente com o objetivo de conferir maior fluidez à leitura.

³ Sasseron e Carvalho (2011) utilizam a denominação “alfabetização científica”.

METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa teórico-conceitual, inserida no campo da pesquisa qualitativa (Creswell, 2014; Merriam & Tisdell, 2015; Patton, 2015). Sua elaboração envolveu a análise e interpretação de conceitos existentes, com um caráter predominantemente exploratório e analítico, centrado na interpretação e síntese de literatura prévia.

Especificamente, a metodologia seguiu os seguintes passos:

1. Análise e interpretação de conceitos fundamentais: foram examinados e relacionados conceitos associados ao letramento científico (LC) e à biologia da cognição, buscando compreender os temas e identificar possíveis conexões entre eles.

2. Base documental e bibliográfica: o estudo fundamentou-se na análise de documentos e literatura sobre LC e biologia da cognição, priorizando fontes qualitativas em detrimento de dados quantitativos.

3. Síntese interpretativa: foi dado enfoque à interpretação e síntese das informações disponíveis, explorando a relevância e as implicações desses conceitos para o ensino de ciências.

4. Exploração de implicações educacionais: os conceitos analisados foram investigados em termos de suas aplicações e implicações para a prática pedagógica, especialmente no contexto do letramento científico.

Essa abordagem permitiu aprofundar a compreensão dos conceitos centrais e de suas relações, contribuindo para a construção de um arcabouço teórico que fundamenta o desenvolvimento de práticas pedagógicas ativas e contextualizadas no ensino de ciências.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A investigação exploratória e analítica realizada sobre a literatura prévia revelou os seguintes aspectos fundamentais:

1. Importância da compreensão e aplicação dos conceitos científicos em contextos cotidianos: a necessidade de que os indivíduos entendam e apliquem conceitos científicos em situações práticas do dia a dia (NRC, 1996).

2. Letramento científico como capacidade prática: o letramento científico é visto como a capacidade de utilizar o conhecimento científico para resolver problemas práticos no cotidiano (AAAS, 1989).

3. Capacidades científicas para enfrentar desafios reais: a relevância das capacidades científicas no enfrentamento de desafios concretos (OECD, 2007).

Essas conclusões são corroboradas por estudos que destacam a relevância de uma educação científica que capacite os estudantes a aplicar o conhecimento em contextos práticos. Além disso, esses estudos fornecem uma visão conceitual do letramento científico, enfatizando a importância da utilização do conhecimento científico no cotidiano (Bybee, 1995; Bybee, 1997; Chassot, 2016; Laugksch, 2000; Shamos, 1995).

No que se refere à biologia da cognição, a análise concentrou-se nos conceitos propostos pelos biólogos Humberto Maturana e Francisco Varela. Esses autores oferecem uma base biológica para a cognição ao articular os conceitos de autopoiese, acoplamento estrutural e cognição encarnada.

Esses pilares conceituais fornecem os alicerces para compreender o aprendizado e a construção do conhecimento como processos integrados e interativos.

DISCUSSÃO

A ciência pode ser compreendida a partir de dois aspectos principais. O primeiro refere-se à ciência como um corpo de conhecimento objetivo, isto é, um conjunto de conhecimentos continuamente auditado por meio de processos de replicação, discussão e reelaboração, realizados por uma comunidade de pessoas que compartilham um método científico. A aplicação desse método possibilita, entre outros aspectos, a identificação e a mitigação de conflitos de interesse, conferindo confiabilidade ao conhecimento produzido. O segundo aspecto diz respeito às atividades desenvolvidas pelos membros da

comunidade científica, que se dedicam à investigação e à busca por compreender a natureza e o mundo em que vivem. Munidos do método científico, esses indivíduos conduzem suas práticas investigativas a partir de conjecturas sobre como os fenômenos surgem, funcionam e se transformam. Esses dois aspectos estão intrinsecamente relacionados ao processo de aprendizagem. Ao desenvolverem suas investigações, os cientistas exploram e aprendem sobre o mundo por meio da aplicação do método científico. De maneira análoga, os estudantes, no contexto escolar, podem aprender sobre o mundo ao empregar esses mesmos princípios básicos. Embora as ferramentas utilizadas e o nível de sofisticação dos procedimentos sejam distintos, tanto cientistas quanto estudantes recorrem a processos semelhantes para a construção do conhecimento (Ward et al., 2010).

Esses processos, fundamentados no método científico, podem servir como base para caracterizar um LC no ensino de ciências. Essa abordagem capacita os estudantes a compreenderem, conectarem e aplicarem os conceitos científicos aprendidos na escola em seu cotidiano.

Na prática escolar, os estudantes aprendem a investigar eventos, acontecimentos e fatos. Eles são ensinados a identificar o que procurar e como rastrear objetos de estudos – desenvolvendo, assim, a compreensão de que o conhecimento é um processo ativo de descoberta. É por meio da observação, audição, sensação e ação – em suma, da percepção integrada à prática – que o aprendizado ocorre.

Sob a ótica da biologia da cognição (Maturana & Varela, 1980), conhecer pode ser entendido como a atividade de um sujeito que explora o ambiente e organiza respostas eficazes de forma autônoma. Esse processo não é apenas passivo, mas envolve a interação dinâmica entre o sujeito e o meio, destacando o papel ativo do aprendiz na construção do conhecimento.

Conceitos de letramento científico

Embora diferentes conceitos de LC apareçam na literatura antes da década de 1980, elementos comuns podem ser considerados entre eles. Miller (1983) aponta três: o entendimento da natureza da ciência; a compreensão de termos e conceitos-chave das ciências; e a consciência dos impactos das ciências e suas tecnologias.

Posteriormente, Fourez (1994), partindo da ideia de que o LC é a promoção de uma cultura científica e tecnológica, tornando-se necessária como fator de inserção dos cidadãos na sociedade, indica que o ensino de ciências deve englobar conhecimentos relacionados a aspectos políticos, sociais e humanistas.

Shamos (1995), assim como Miller (1983), confere três dimensões ao LC, dividindo-o em cultural, funcional e verdadeiro. A primeira forma está relacionada à cultura científica, suas especificidades e como as construções da ciência se relacionam com a sociedade; a segunda forma ocorre quando o indivíduo conhece os conceitos e ideias científicas e os utiliza para se comunicar, ler e atribuir novos significados ao mundo de forma crítica; e por fim, a terceira forma acontece quando o indivíduo entende como uma investigação científica ocorre e demonstra consideração pela natureza da ciência (Sasseron & Carvalho, 2011).

Uma ideia semelhante à de Shamos é defendida por Bybee (1995). O autor descreve o que denomina de “dimensões do Letramento Científico”: LC funcional, LC conceitual e procedimental e LC multidimensional. Vale destacar que estas categorias, segundo Bybee, estão centradas nos processos de construção do conhecimento científico em situações de sala de aula. Desse modo, a LC funcional abrange o vocabulário das ciências; a LC conceitual e procedimental refere-se à maneira como os estudantes interpretam as informações adquiridas e constroem conhecimento para o cotidiano; e o LC multidimensional envolve a compreensão e a análise das relações entre a produção da ciência e sua aplicabilidade na vida e na sociedade (Sasseron & Carvalho, 2011).

Chassot (2016, p. 70) conceitua o que, neste artigo, tratamos como letramento científico – embora o autor utilize a denominação alfabetização científica – como “o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem”. De acordo com Bertoldi (2020), a alfabetização científica proposta por Chassot sugere uma avaliação crítica dos conteúdos ensinados pelas disciplinas de ciências na escola. Nessa perspectiva, o ensino de ciências constitui uma linguagem que favorece o entendimento do mundo. Soma-se a isso o fato de que não basta apenas “ler” melhor o mundo em que se vive, mas também, sobretudo, transformá-lo para melhor.

Como pode ser observado, diferentes conceitos orbitam o termo LC. Para o interesse desta pesquisa, destaca-se o que caracteriza um indivíduo como letrado cientificamente. Apoiado na revisão bibliográfica de Sasseron e Carvalho (2011), isso se dá de acordo com as seguintes habilidades (Quadro 1):

Quadro 1 Habilidades que caracterizam um indivíduo como letrado cientificamente (Sasseron & Carvalho, 2011, p. 67-70)
<ol style="list-style-type: none">1. Utiliza os conceitos científicos e é capaz de integrar valores, e sabe fazer por tomar decisões responsáveis no dia a dia;2. Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade;3. Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede;4. Reconhece também os limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano;5. Conhece os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e é capaz de aplicá-los;6. Aprecia as ciências e as tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam;7. Compreende que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos;8. Faz a distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal;9. Reconhece a origem da ciência e compreende que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados;10. Compreende as aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações;11. Possui suficientes saber e experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico;12. Extraia da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante;13. Conheça as fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorra a elas quando diante de situações de tomada de decisões;14. Uma certa compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história.

Ensino de ciências na escola, letramento científico e cotidiano

Com base no que foi exposto anteriormente, pode-se sugerir que o LC é o processo de desenvolvimento das habilidades e conhecimentos necessários para compreender, interpretar e avaliar informações científicas, e a aplicação disso no cotidiano. Dessa maneira, a educação escolar assume papel central no LC, cabendo à instituição escola oferecer uma combinação de conhecimentos, habilidades e atitudes que promovam, em relação ao ensino de ciências, os seguintes aspectos (Quadro 2):

Quadro 2

Aspectos do ensino de ciências na escola associados ao letramento científico

1. Compreensão de conceitos científicos básicos: oferecer aos estudantes uma compreensão fundamental de conceitos e princípios das ciências naturais (química, física e biologia);
2. Leitura e interpretação de textos científicos: trabalhar com os estudantes a leitura e a discussão de artigos, relatórios e outras formas de comunicação científica, distinguindo fatos, opiniões e hipóteses;
3. Pensamento crítico: estimular os estudantes a avaliar a validade das informações científicas, reconhecendo raciocínios falaciosos e identificando preconceitos e suposições subjacentes;
4. Aplicação do método científico: apresentar um percurso metodológico que facilite a compreensão e a aplicação dos passos do método científico, incluindo observação, formulação de hipóteses, experimentação, análise de dados e conclusão;
5. Tomada de decisões informadas: evidenciar o valor do conhecimento científico para decisões sobre questões pessoais e sociais, como saúde, meio ambiente e tecnologia;
6. Comunicação científica: ressaltar a importância de explicar conceitos científicos e discutir questões científicas com clareza, tanto oralmente quanto por escrito;
7. Compreensão da interconexão entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente: discutir como avanços científicos e tecnológicos afetam a sociedade e o mundo natural.

Sobre como a escola pode promover esses aspectos no ensino de ciências, uma metodologia importante é a investigação. A investigação permite aos estudantes a oportunidade de realizar verificações em que existam oportunidades claras de (Ward, 2010): (1) identificar fatores e mudar variáveis; (2) identificar fatores ou variáveis a medir ou observar; e (3) permitir que os alunos escolham.

Nesse contexto, é necessário que os estudantes saibam e tenham consciência do que estão aprendendo. Eles precisam ser estimulados a pensar, discutir, questionar, organizar e sistematizar os conhecimentos produzidos. Além disso, a investigação científica é marcada pelo planejamento, obtenção e uso de evidências, juntamente com uma compreensão da natureza das ideias científicas. Atividades exploratórias, ilustrativas, e investigativas estão nessa categoria (Ward, 2010).

O ensino por investigação deve ser utilizado na escola com o objetivo de que os estudantes sejam estimulados da seguinte forma: (1) com as informações e os dados disponíveis, seja por meio da organização, seriação ou classificação de informações; (2) levantamento e teste de hipóteses construídas, que são realizados pelos estudantes; (3) estabelecimento de explicações sobre fenômenos em estudo, buscando justificativas para torná-las mais robustas e estabelecendo previsões advindas delas; e (4) uso de raciocínio lógico e proporcional durante a investigação, e a comunicação de ideias em situações de ensino e aprendizagem (Sasseron, 2015).

Isto posto, para que o LC seja efetivo, é crucial que os estudantes percebam a relevância do conhecimento científico em suas vidas diárias. Seguem algumas sugestões de estratégias que podem ser utilizadas na escola para relacionar a ciência com o cotidiano (Quadro 3):

Quadro 3**Sugestões de estratégias para relacionar a ciência com o cotidiano**

1. Problemas do cotidiano: encorajar os alunos a identificar e investigar problemas do dia a dia usando o método científico. Por exemplo, explorar a eficiência de diferentes métodos de conservação de energia;
2. Estudos de caso: utilizar estudos de caso relevantes que ilustram como a ciência é aplicada em situações reais. Por exemplo, discutir a ciência por trás da prática da atividade física e da nutrição;
3. Projetos práticos: implementar projetos práticos que permitam aos alunos aplicar conceitos científicos. Por exemplo, construir modelos de ecossistemas, como terrários, para entender as interações ambientais;
4. Debates e discussões: promover debates e discussões sobre questões científicas atuais que impactam a sociedade. Por exemplo, discutir os prós e contras das vacinas e a importância da imunização;
5. Visitas de campo: organizar visitas de campo a locais onde a ciência é aplicada, como laboratórios, universidades, fábricas ou reservas naturais. Isso ajuda os estudantes a verem a ciência em ação.

A capacidade de relacionar o conhecimento científico com o cotidiano não só demonstra a compreensão dos conceitos científicos, mas também a habilidade de usar esse conhecimento de maneira prática e significativa. Para além disso, essa integração é a evidência do letramento científico. A Tabela 1 apresenta elementos da relação entre ensino de ciências e letramento científico.

Tabela 1. Relação entre ensino de ciências e letramento científico.

Habilidade	Descrição
Aplicar conceitos científicos ao cotidiano	Consegue usar princípios e conceitos científicos para entender e explicar fenômenos que ocorrem no dia a dia.
Resolver problemas do dia a dia	Utiliza o método científico e o pensamento crítico para abordar e resolver problemas práticos, tomar decisões informadas e fazer escolhas conscientes em contextos reais.
Fazer conexões entre ciência e vida real	Reconhece a relevância da ciência em aspectos variados da vida, como saúde, meio ambiente, tecnologia e sociedade, e pode discutir como avanços científicos influenciam sua vida pessoal e a comunidade.
Participar em discussões informadas	Pode se engajar de forma crítica e informada em discussões e debates sobre questões científicas e tecnológicas que afetam a sociedade.

Utilizando o método científico para a construção do conhecimento, o ensino de ciências desenvolve nos estudantes sua criticidade, pois inclui a observação, a formulação de hipóteses, a investigação científica e a discussão. Esses elementos são essenciais na formação de um pensamento crítico a partir dos conhecimentos adquiridos na escola. A Tabela 2 apresenta alguns exemplos de conceitos utilizados no cotidiano que fazem referência ao conhecimento científico adquirido na escola.

Tabela 2. Exemplos de conceitos científicos no cotidiano.

Conceito	Conhecimento científico no cotidiano
Metabolismo	Cotidiano: estou tentando acelerar meu metabolismo para perder peso. Científico: refere-se aos processos químicos que ocorrem dentro das células para manter a vida.
Erosão	Cotidiano: a chuva está causando erosão no terreno em frente à minha casa. Científico: processo pelo qual o solo e as rochas são removidos da superfície da terra sob a ação do sol, do vento e da água.
Energia	Cotidiano: estou sem energia hoje. Científico: a capacidade de realizar trabalho ou realizar uma ação.
Germes	Cotidiano: lavo as mãos antes das refeições para me livrar dos germes. Científico: micro-organismos que podem causar doenças.
Teoria	Cotidiano: tenho uma teoria sobre porque isso aconteceu. Científico: uma explicação bem fundamentada de um aspecto do mundo natural, baseada em um conjunto de fatos confirmados.

Biologia da Cognição

A Biologia da Cognição, desenvolvida por Maturana e Varela (1980; 1995), apresenta uma base teórica fundamental para a compreensão do processo de aprendizagem. Nessa perspectiva, conhecer é uma atividade intrinsecamente ligada ao sujeito, que explora o ambiente e organiza por ele próprio respostas eficazes às demandas que encontra (Maturana & Varela, 1980). Essa abordagem destaca a natureza ativa e integrada da cognição, ancorando-se em três conceitos centrais: autopoiese, acoplamento estrutural e cognição encarnada. Esses conceitos fornecem uma estrutura teórica robusta para compreender o LC como um processo dinâmico, enraizado na interação contínua entre o estudante e o ambiente. No contexto do ensino de ciências, essa abordagem oferece uma explicação abrangente dos mecanismos pelos quais os seres vivos, incluindo os seres humanos, conhecem e aprendem.

Autopoiese e Aprendizagem Ativa

O conceito de autopoiese refere-se à capacidade dos sistemas vivos de se auto-organizarem e se manterem como entidades distintas em interação constante com o ambiente. Os sistemas autopoieticos são capazes de produzir e renovar seus próprios componentes para preservar sua integridade, independentemente das mudanças externas.

No contexto da aprendizagem, essa noção destaca que o estudante não é um receptor passivo de informações, mas um agente ativo que organiza seu próprio conhecimento a partir das experiências vividas. Em sala de aula, isso significa que o aprendizado ocorre quando o estudante incorpora novas informações à sua estrutura cognitiva existente, ajustando-a para integrar conceitos científicos. Por exemplo, ao explorar a fotossíntese, um estudante não apenas memoriza o processo, mas reorganiza seu entendimento sobre as plantas e o ambiente, conectando novos conhecimentos às suas percepções prévias.

Acoplamento Estrutural: Estudante e Ambiente

O acoplamento estrutural descreve a relação dinâmica e contínua entre o organismo (ou, no caso humano, a pessoa) e o ambiente, na qual ambos mudam ao longo de interações recorrentes. Para Maturana e Varela (1995), é nessa recorrência de interações que se funda a cognição. O organismo não é

moldado passivamente pelo ambiente; em vez disso, responde às mudanças do meio de acordo com sua própria organização, preservando sua identidade autopoiética.

No letramento científico, o acoplamento estrutural pode ser observado na interação entre estudantes e diferentes recursos educacionais, como livros, professores, experimentos e ferramentas tecnológicas. Em uma aula de biologia, por exemplo, ao realizar a dissecação de uma flor, o estudante explora suas estruturas – como sépalas, pétalas, estames e pistilos – e relaciona essa experiência ao conhecimento teórico sobre reprodução vegetal. Esse processo envolve percepção sensorial e ajustes nas ações do estudante em função das descobertas realizadas durante a atividade. Assim, a aprendizagem deixa de ser um processo meramente receptivo e passa a constituir-se como uma experiência dinâmica, situada e conectada à realidade do estudante.

Cognição Encarnada: O Corpo (estudante) no Conhecimento Científico

A cognição encarnada propõe que o conhecimento e os processos cognitivos emergem da interação entre corpo e ambiente, em vez de serem exclusivamente funções do cérebro. Essa perspectiva enfatiza que percepção e ação estão integradas, e que o aprendizado ocorre por meio da experiência sensorio-motora.

No ensino de ciências, a cognição encarnada torna-se evidente em atividades práticas que envolvem exploração física e interação direta com materiais e situações de aprendizagem. Por exemplo, ao construir um modelo tridimensional do sistema solar, os estudantes mobilizam o corpo para manipular objetos, perceber proporções e simular movimentos, integrando o conhecimento teórico à experiência vivida. Esse processo não apenas favorece a compreensão de conceitos científicos, mas também fortalece o vínculo corporal e afetivo com o aprendizado, tornando-o mais significativo e duradouro.

Além disso, nessa atividade, os estudantes não se limitam ao uso da visão e do tato: eles coordenam ações motoras precisas e interpretam dados sensoriais em tempo real. Essa integração contribui para a compreensão de conceitos abstratos ao ancorá-los em experiências concretas, práticas e situadas.

A experiência narrada por Oliver Sacks em *Com uma perna só* (2003) oferece uma ilustração expressiva dos princípios da cognição encarnada e da Biologia da Cognição de Maturana e Varela. Sacks sofreu um grave acidente durante uma trilha nos Alpes que, além de quase lhe custar a vida, resultou em um rompimento muscular e tendinoso severo na perna, próximo à região do quadril. Associado a esse trauma, ocorreu uma perda funcional da conexão neural desse segmento corporal com o restante do corpo. Embora a integridade anatômica tenha sido restabelecida por meio de uma cirurgia de alta complexidade, a reconexão funcional exigiu meses de recuperação e reabilitação.

Um dos efeitos mais marcantes do acidente e do longo período de reabilitação foi a perda da propriocepção da perna. Sua sensação era a de que ela tivesse sido amputada - embora permanecesse ali, fisicamente conectada ao corpo. Sacks evidencia, assim, que o conhecimento do corpo e sobre o corpo não é puramente mental, mas emerge da interação dinâmica entre organismo e ambiente. Nesse ponto, ele menciona o livro de notas de Ludwig Wittgenstein, publicado postumamente sob o título *On certainty*, ao comentar que o filósofo austríaco destaca a importância da certeza como algo fundado no corpo e que, por sua vez, essa certeza corporal “fundamenta-se na ação” (Sacks, 2003, p. 82).

Sua recuperação — marcada por um processo de reaprendizagem motora e perceptiva — sugere que conhecer é um ato corporal: um processo de reconstrução ativa das relações entre percepção, movimento e mundo vivido. Seu relato sobre a primeira tentativa de se colocar de pé e caminhar é particularmente marcante. Inicialmente, Sacks descreve a dificuldade de firmar a perna lesionada no solo, uma vez que simplesmente não a sentia. No entanto, diante da insistência dos fisioterapeutas que o acompanhavam, ele consegue apoiar-se. É nesse momento que algo extraordinário acontece. Ele relata uma sensação de vertigem, seguida de percepções confusas da própria perna - que variava em tamanho e extensão - e então se pergunta:

“[...] Mas o que poderia produzir essa explosão em minha mente? Poderia ser uma mera explosão sensitiva proveniente de minha perna, quando ela foi forçada a sustentar peso, a erguer-se e funcionar pela primeira vez? Decerto as percepções eram complexas demais para isso. Tinham a qualidade de construtos, e não de sensações ou dados sensitivos brutos. Tinham a qualidade de hipóteses, sobre o próprio espaço, sobre aquelas intuições elementares a priori sem as quais

nenhuma percepção, ou construção do mundo, seria possível. O caos não era da percepção propriamente dita, mas do espaço, ou medida, que precede a percepção. Senti que estava testemunhando, no mesmo instante em que vivenciava, os próprios alicerces da medida, ou mensuração, de um mundo.” (Sacks, 2003, p. 125-126; *italico no original*).
“[...] Um verdadeiro milagre estava se realizando diante de mim, dentro de mim. Do nada, do caos, uma mensuração estava sendo feita.” (Sacks, 2003, p. 126-127).

Assim, o relato de Sacks reforça a ideia central da Biologia da Cognição: a cognição como fenômeno encarnado e relacional, sustentado por processos de autopoiese e acoplamento estrutural. Em consonância com essa perspectiva, Varela et al. (2016, n.p.; tradução nossa) afirmam que:

“[...] a abordagem enativa consiste em dois pontos: (1) a percepção consiste em uma ação guiada pela percepção e (2) as estruturas cognitivas emergem de padrões sensório-motores recorrentes que possibilitam que a ação seja perceptualmente guiada.”

Transposta para o contexto educativo, essa compreensão sugere que o letramento científico não se limita à internalização de conteúdos abstratos, mas envolve a vivência concreta de processos de descoberta, nos quais o estudante, em interação com o ambiente, produz sentido e conhecimento a partir de sua própria experiência.

Integração dos Conceitos no Letramento Científico

Esses três conceitos – autopoiese, acoplamento estrutural e cognição encarnada – operam de maneira integrada no processo de letramento científico. Quando um estudante participa de uma atividade prática, como explorar o ciclo da água (Quadro 4), ele manifesta a autopoiese ao integrar novos conhecimentos ao seu repertório; evidencia o acoplamento estrutural ao interagir com os materiais e reagir às mudanças no ambiente; e ativa a cognição encarnada ao utilizar o corpo e os sentidos para vivenciar o aprendizado.

Quadro 4

Biologia da Cognição como fundamento do letramento científico

Exemplo prático: Estudo sobre o ciclo da água

Em uma aula sobre o ciclo da água, a Biologia da Cognição sugere que o aprendizado ocorre quando o estudante está ativamente engajado em interações significativas com o ambiente. Nesse contexto, o professor pode criar atividades que envolvam experimentação prática, observação direta e diálogo, promovendo o acoplamento estrutural entre os estudantes e o tema.

Etapas da atividade:

1. **Exploração inicial:** Os estudantes são levados ao ambiente externo, como o pátio da escola ou um parque próximo, para observar fenômenos relacionados à água: o orvalho nas plantas, poças que evaporaram, ou mesmo a chuva. Essa experiência sensorial inicial é crucial porque conecta os corpos dos estudantes (visão, tato, movimento) ao fenômeno observado, engajando-os no processo de cognição encarnada.
2. **Experimento prático:** De volta à sala de aula, os alunos realizam um experimento simples que simula o ciclo da água, usando materiais como uma panela de água aquecida (representando a evaporação), uma tampa fria (simulando a condensação) e gotas caindo (representando a precipitação). Durante o experimento, os estudantes manipulam os materiais, observam as transformações e discutem suas interpretações, reforçando o acoplamento entre ação e percepção.
3. **Discussão reflexiva:** O professor guia uma conversa em que os estudantes relacionam suas observações diretas com os conceitos científicos, como evaporação, condensação e precipitação. Nesse momento, a cognição emerge do diálogo ativo e da troca de percepções, demonstrando como o conhecimento é construído em interação com o ambiente e com os outros.
4. **Aplicação cotidiana:** Os estudantes são desafiados a observar fenômenos semelhantes no dia a dia, como a formação de vapor em panelas ou a condensação em copos de água gelada, e a registrar essas ocorrências em um diário. Essa etapa promove a ligação do conhecimento adquirido na sala de aula com o cotidiano, um aspecto essencial do letramento científico.

Essa abordagem integrada ressalta que o conhecimento não é transmitido unilateralmente, mas emerge como um processo ativo e dinâmico, derivado da interação contínua entre o estudante e o ambiente. Na prática pedagógica, isso implica criar experiências educacionais que respeitem a natureza ativa e encarnada da cognição, promovendo um aprendizado mais profundo, significativo e conectado à realidade dos alunos.

O relato do antropólogo Ingold (2022, p.15; *itálico no original*) sobre um “conhecer por si próprio”, recomendado a ele quando era um pesquisador de campo novato, complementa e enriquece essa visão do aprendizado como prática encarnada:

“[...] eles queriam que eu entendesse que a única maneira de se aprender alguma coisa – isto é, conhecer a partir do próprio interior de um ser –, é por meio de um processo de autodescoberta. Para conhecer as coisas temos de penetrá-las e depois deixar que elas cresçam dentro de nós, que se tornem uma parte do que somos. [...] O mero fornecimento de informações não garante o conhecimento, e nem mesmo o entendimento. Como diz a sabedoria proverbial, é mais fácil falar sobre as coisas do que fazê-las.

Em resumo, é observando, ouvindo e sentindo – prestando atenção ao que o mundo quer nos dizer – que aprendemos. Meus colegas não me informaram sobre o que existe, para me pouparem de ter de pesquisar por minha conta. Foi mais como se tivessem me contado como

eu deveria descobrir as coisas. Ensinarão o que eu deveria procurar, como rastrear as coisas, e que o conhecimento é um processo de seguimento ativo, de continuar.”

Ingold (2022) reflete sobre sua experiência como pesquisador, destacando que aprender envolve um processo de autodescoberta ativa. Essa perspectiva dialoga diretamente com a Biologia da Cognição. Assim como Maturana e Varela enfatizam o papel ativo do sujeito na criação de conhecimento, Ingold destaca que o aprendizado significativo ocorre quando o sujeito se engaja com o mundo de forma profunda e sensível. Conhecer, sob essas perspectivas, não é um ato passivo de recepção, mas um processo ativo de exploração e transformação mútua entre o sujeito e o ambiente.

Dessa forma, a integração entre a Biologia da Cognição e práticas pedagógicas centradas no estudante evidencia como o letramento científico pode ser fortalecido por abordagens ativas e situadas. Essa perspectiva não apenas prepara os estudantes para um engajamento crítico e informado com o mundo, como também reforça que o conhecimento emerge da experiência vivida e da interação contínua com o ambiente que habitam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O letramento científico é fundamental para a formação de cidadãos conscientes e críticos. Integrar o conhecimento científico ao cotidiano dos estudantes não apenas torna a aprendizagem mais significativa, mas também os prepara para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo. Nesse contexto, cabe à escola adotar estratégias que conectem a ciência à vida diária dos alunos, promovendo uma compreensão mais profunda, prática e socialmente relevante do conhecimento científico.

A Biologia da Cognição oferece um modelo de aprendizagem baseado na interação ativa entre o organismo - no caso humano, a pessoa - e o ambiente. Aplicada ao letramento científico, essa perspectiva constitui um referencial importante para compreender como os estudantes produzem conhecimento ao se engajarem com o mundo de forma situada e experiencial. Assim, o ensino de ciências pode ultrapassar a simples apropriação de conceitos, tornando-se problematizador e estimulando os estudantes a relacionarem o que aprendem na escola com situações concretas do cotidiano. Essa abordagem afasta-se de um ensino mecânico e transmissivo, colocando o estudante no centro do processo de aprendizagem e favorecendo sua participação ativa.

Em síntese, o letramento científico fundamentado na Biologia da Cognição não se limita ao acúmulo de informações, mas envolve o desenvolvimento de habilidades para interpretar criticamente a ciência e mobilizar seus conhecimentos em diferentes contextos. Essa premissa sustentou esta pesquisa teórico-conceitual, que parte do princípio de que um indivíduo pode ser considerado letrado cientificamente quando é capaz de relacionar o conhecimento adquirido na escola com o cotidiano.

Contribuições e implicações práticas e futuras

As contribuições deste artigo se destacam tanto no campo do letramento científico quanto no aprofundamento das bases teóricas oferecidas pela Biologia da Cognição aplicada ao ensino de ciências. Em primeiro lugar, o estudo amplia a compreensão sobre como os conceitos de autopoiese, acoplamento estrutural e cognição encarnada, desenvolvidos por Maturana e Varela, podem fundamentar práticas pedagógicas que integrem o conhecimento científico ao cotidiano dos estudantes.

Essa abordagem oferece uma perspectiva relevante ao enfatizar a relação intrínseca entre corpo e ambiente como alicerce do processo de aprendizagem, promovendo uma compreensão mais ampla e significativa do letramento científico. Ao sustentar que o conhecimento não se reduz à assimilação de conteúdos factuais, mas emerge da experiência vivida e da interação contínua com o ambiente, o artigo sugere que os estudantes podem desenvolver habilidades críticas para interpretar, analisar e aplicar conceitos científicos em contextos reais.

Entre as implicações práticas, destaca-se a necessidade de reavaliar abordagens pedagógicas no contexto escolar, fortalecendo metodologias ativas que coloquem os estudantes no centro do processo de aprendizagem. Estratégias como atividades investigativas baseadas em problemas do cotidiano, projetos interdisciplinares e o uso de recursos didáticos que estimulem a exploração e a interação com o

ambiente configuram-se como caminhos viáveis para tornar o ensino de ciências mais dinâmico, contextualizado e socialmente relevante.

Para pesquisas futuras, este trabalho abre espaço para investigações empíricas que avaliem a efetividade de propostas de letramento científico fundamentadas na Biologia da Cognição. Estudos podem explorar como diferentes contextos educacionais, faixas etárias e grupos sociais respondem a essa abordagem, possibilitando ajustes e refinamentos teórico-metodológicos. Além disso, sugere-se ampliar a aplicação desse referencial para outras áreas formativas, como educação ambiental e ética científica, fortalecendo a compreensão de que a interação ativa entre os sujeitos e o ambiente é central para a formação de cidadãos críticos, autônomos e socialmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press, 1989.

BERTOLDI, A. Alfabetização científica versus letramento científico: um problema de denominação ou uma diferença conceitual? *Revista Brasileira de Educação*, v. 25, e250036, 2020. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782020250036>>

BYBEE, R. W. Achieving scientific literacy. *The Science Teacher*, v. 62, n. 7, p. 28–33, 1995.

BYBEE, R. W. *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann, 1997.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 7. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

COPPI, M.; FIALHO, I.; CID, M. Literacia científica: um olhar sob as suas diferentes interpretações. *Educação em Revista*, v. 41, e48737, 2025. <<https://doi.org/10.1590/0102-469848737>>

CRESWELL, J. W. *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 4. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2014.

FOUREZ, G. *Alphabétisation scientifique et technique: essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael, 1994.

INGOLD, T. *Fazer: antropologia, arqueologia, arte e arquitetura*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2022.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education*, v. 84, n. 1, p. 71–94, 2000. <[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C)>

MATURANA, H.; VARELA, F. *Autopoiesis and cognition*. London: D. Reidel Publishing Company, 1980.

MATURANA, H.; VARELA, F. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano*. Campinas: Psy II, 1995.

MERRIAM, S. B.; TISDELL, E. J. *Qualitative research: a guide to design and implementation*. San Francisco: John Wiley & Sons, 2015.

MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; ALVES FILHO, J. P. Alfabetização científica no ensino de química: uma análise dos temas da seção Química e Sociedade da Revista Química Nova na Escola. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 165–171, 2009.

Disponível em: <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/03-QS-0809.pdf>. Acesso em: 01/04/2025.

MILLER, J. D. Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, v. 112, n. 2, p. 29–48, 1983.

Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/20024852>>. Acesso em: 15 jun. 2025.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). National science education standards. Washington, DC: National Academies Press, 1996.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). PISA 2006: science competencies for tomorrow's world. Paris: OECD Publishing, 2007.

PATTON, M. Q. *Qualitative research & evaluation methods*. 4. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2015.

RIBEIRO, L. C. L. C.; SACHS, D.; SILVA, M. R. A.; JUNIOR, M. F. R. Sequência didática sobre genética utilizando Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) para alfabetização científica. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 2, e143921786, 2020. < DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i2.1786>>

SACKS, O. *Com uma perna só*. São Paulo: Companhia das Letras, 2003. E-book.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246/172>. Acesso em: 10/06/2025.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, p. 49–67, 2015. <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>>

SHAMOS, M. H. *The myth of scientific literacy*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1995.

VARELA, F. J.; THOMPSON, E.; ROSCH, E. *The embodied mind: cognitive science and human experience*. Revised edition. Cambridge, MA: MIT Press, 2016. E-book.

WARD, H.; RODEN, J.; HEWLETT, C.; FOREMAN, J. *Ensino de ciências*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Submetido: XX/XX/XXXX

Aprovado: XX/XX/XXXX

Editor(a) de seção:

DECLARAÇÃO SOBRE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Autor 1 – Administração do projeto, conceituação, investigação, metodologia, escrita – primeira versão, escrita – revisão e edição.

Autor 2 – Conceituação, supervisão, validação, escrita – revisão e edição.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – processo nº 88887.581657/2020-00.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.