
Problem-Based Learning* no Ensino de Física e de Ciências: Uma Revisão Sistemática da Literatura⁺

*Bruno Prates da Silva*¹

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Santa Maria – RS

*Muryel Pyetro Vidmar*¹

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – RS

*Dioni Paulo Pastorio*¹

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre – RS

Resumo

Neste trabalho, é apresentada uma Revisão Sistemática da Literatura no que concerne à metodologia ativa de ensino Problem-Based Learning empregada dentro das subáreas Ensino de Física e Educação em Ciências. Após a seleção de 36 periódicos nacionais e internacionais, a busca inicial resultou em 463 artigos, posteriormente, filtrados e reduzidos a 26. Estes consistem em artigos de acesso aberto que compreendem o relato de implementação de atividades didáticas envolvendo a Problem-Based Learning. Mostrou-se que a metodologia é empregada em diferentes níveis de ensino, com predominância no Ensino Superior (n=8) e no Ensino Médio (n=8), sendo que as demais compreendem o Ensino Fundamental (n=6), Pré-escola (n=2) e Formação de Professores (n=2). Além disso, cabe destacar que a maior parte dos artigos analisados (n=16) não utiliza teorias da aprendizagem para subsidiar essas implementações. As pesquisas possibilitam identificar que a Problem-Based Learning contribui para (i) a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem, (ii) o maior

⁺ Problem-Based Learning for Physics and Science Education: A Systematic Literature Review

^{*} Recebido: 11 de fevereiro de 2024.
Aceito: 1 de abril de 2025.

¹ E-mails: brrprates@gmail.com; muryel.vidmar@ufsm.br; dionipastorio@hotmail.com.

envolvimento dos estudantes, (iii) o aumento das notas médias e maior homogeneização e, (iv) a melhora na aprendizagem. Com isso, espera-se que a revisão desenvolvida ofereça diretrizes para futuras pesquisas, servindo como referência para professores e pesquisadores interessados nas potencialidades proporcionadas pela metodologia Problem-Based Learning.

Palavras-chave: *Aprendizagem Baseada em Problemas; Ensino de Física; Educação em Ciências; Revisão Sistemática de Literatura.*

Abstract

This paper presents a Systematic Literature Review concerning the active teaching methodology Problem-Based Learning employed within the subfields of Physics Education and Science Education. After selecting 36 national and international journals, the initial search resulted in 463 articles, which were subsequently filtered and reduced to 26. These consist of open-access articles that report the implementation of teaching activities involving Problem-Based Learning. The findings show that the methodology is applied at different educational levels, with a predominance in Higher Education (n=8) and Secondary Education (n=8), while the others include Elementary Education (n=6), Preschool (n=2), and Teacher Training (n=2). Additionally, it is noteworthy that the majority of the analyzed articles (n=16) did not use learning theories to support these implementations. The research allows us to identify that Problem-Based Learning contributes to (i) the manifestation of higher-order cognitive skills, (ii) increased student engagement, (iii) higher average grades and greater homogeneity, and (iv) improved learning outcomes. Thus, this review aims to provide guidelines for future research, serving as a reference for teachers and researchers interested in the potential benefits offered by the Problem-Based Learning methodology.

Keywords: *Problem-Based Learning; Physics Education; Science Education; Systematic Literature Review.*

I. Introdução

Há um consenso de que as metodologias tradicionalmente utilizadas nas escolas e universidades não mais dão conta de promover a aprendizagem de conhecimentos conceituais e não conseguem incentivar o desenvolvimento de conhecimentos procedimentais e atitudinais

valorizados na vida profissional e social (Ribeiro, 2008). Reconhecemos que parte desse infortúnio é originário da predominância do chamado ensino tradicional, ou ensino bancário, o qual, conforme Freire (1987, p. 33), consiste em “[...] um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante”.

Dentre os aspectos do ensino tradicional, Porlán (1997) identifica a sequência metodológica característica, disposta em três momentos: 1) Explicação do professor; 2) Realização de atividades planejadas para fixar o conteúdo; 3) Realização de atividades de controle sobre o que foi aprendido. De modo sucinto, o primeiro momento é quando o professor expõe o conteúdo, mostra o que deve ser feito, imitado. No segundo, o professor propõe atividades que visam praticar a reprodução exata do raciocínio que foi exposto por ele durante a primeira etapa. Por fim, no terceiro momento, o professor testa se os estudantes são capazes de reproduzir mnemonicamente o que ele demonstrou no primeiro, independentemente da forma utilizada para tal. Dessa forma, identificamos o ensino tradicional como sendo mecanicista, mnemônico, descontextualizado, acrítico e centralizado na figura do professor, sendo que ele é o único e verdadeiro detentor do conhecimento.

Em contraponto ao ensino tradicional, surgem teorias e metodologias visando à modificação dessas características destacadas. “Uma alternativa para buscarmos resultados melhores na aprovação, bem como uma avaliação eficiente a longo prazo, está no uso de metodologias ativas” (Ribeiro; Pigosso; Pastorio, 2019, p. 32). Dentre as características dessas metodologias, destacam-se o protagonismo e o papel central dos estudantes, quando o professor passa a adotar uma posição de mediador do processo de ensino-aprendizagem. Assim, conforme Coelho (2018, p. 42): “Os métodos ativos delegam ao aluno a responsabilidade por construir seu próprio saber”.

Existem diversas metodologias ativas (MA), tais como: a *Flipped Classroom* (Sala de Aula Invertida), o *Peer Instruction* (Instrução por Pares), o *Just-in-Time Teaching* (Ensino Sob Medida), a *Problem-Based Learning* (Aprendizagem Baseada em Problemas), entre outras. Reconhecemos que essas metodologias, “[...] embora diferentes entre si, utilizam-se da proposição de atividades que exigem dos alunos habilidades que vão além da memorização de conteúdos e que fazem uso contextualizado dos temas da disciplina” (Silva; Pastorio; Lopes, 2022, p. 7).

A presente pesquisa visa proporcionar uma visão de como a metodologia de ensino *Problem-Based Learning*² (PBL) vem sendo utilizada no decorrer da última década, através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL); uma vez que, ao trabalhar com algo diferente do usual - nesse caso a metodologia PBL -, devemos levar em consideração as produções dos demais pesquisadores. Nessa perspectiva, nossa pesquisa justifica-se a nível acadêmico, pois possibilita situar a pesquisa com a utilização da PBL na área de Ensino de Física/Ciências. Dessa forma, a pesquisa possibilita para os pesquisadores o aprofundamento teórico da PBL,

² Embora existam traduções, optamos por manter o termo original em inglês.

além da construção de subsídios para a elaboração, implementação e avaliação de propostas didáticas que a envolvem.

Sendo assim, objetivando sintetizar os trabalhos elaborados, o presente artigo busca responder ao seguinte problema de pesquisa: Como os periódicos nacionais e internacionais de melhor avaliação no *Qualis Capes*³ (2013-2016), da última década, grande área Ensino, que tenham foco em publicações nas subáreas Ensino de Física e Educação em Ciências, abordam a *Problem-Based Learning* em publicações abertas?

Associadas a esse problema, delineamos ações que possibilitam respondê-lo. São elas: (i) Desenvolver uma Revisão Sistemática de Literatura; (ii) Identificar como e com quais objetivos a PBL tem sido utilizada nas práticas didáticas em sala de aula e descrever quais os principais resultados e desafios encontrados; (iii) Identificar e mapear as alterações das proposições didáticas na metodologia, comparando-as com as características previstas por Barrows (1996); e (iv) Identificar e mapear os referenciais teóricos, bem como os recursos didáticos utilizados em conjunto com a metodologia.

Com isso, o presente artigo estrutura-se, inicialmente, apresentando a PBL em suas principais características. Posteriormente, são discutidos os fundamentos metodológicos utilizados para consubstanciar nossa pesquisa. Pautados nisso, são apresentadas as ações realizadas durante cada etapa da RSL. Por fim, são discutidos os resultados encontrados, bem como as considerações derivadas e inferências produzidas.

II. *Problem-Based Learning*

Desenvolvida no Ensino Superior (Servant, 2016), após a constatação que os estudantes de Medicina estavam entediados e saturados do ensino tradicional (Barrows, 1996), a PBL é uma metodologia de aprendizagem baseada na utilização de problemas como ponto de partida e para a integração de novos conhecimentos. Com isso, é esperado que exista uma definição clara e objetiva do que se constitui, ou do que pode ser considerado, um problema. Todavia, “[...] o termo problema pode fazer referência a situações muito diferentes, em função do contexto no qual ocorrem e das características e expectativas das pessoas que nelas se encontram envolvidas” (Echeverría; Pozo, 1998, p. 13).

Assim sendo, o que se constitui um problema para um indivíduo não necessariamente se constitui para outro. Em todos os casos, a característica que detém concordância entre a maioria dos autores é de que uma situação somente adquire o caráter de problema quando for assim reconhecida pelo estudante; quando ele não dispõe de procedimentos automatizados para solucioná-lo e, para tal, faz-se necessário um processo de reflexão ou de tomada de decisões sobre a sequência de passos a serem tomados (Echeverría; Pozo, 1998).

Com base nisso, concordamos com Howard S. Barrows – um dos professores e pesquisadores pioneiros na disseminação da metodologia PBL (Servant, 2016) – que “aprender

³ Acrônimo para Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

com os problemas é uma condição da existência humana. Em nossas tentativas de resolver os diversos problemas enfrentados diariamente, o aprendizado ocorre” (Barrows; Tamblyn, 1980, p. 1, tradução nossa). Além disso, os problemas, preferencialmente, devem ser baseados em situações reais, onde, conforme Menezes (1977, p. 90), “o principal argumento, contudo, em favor de iniciar o aprendizado pela análise de situações reais é que, ao entrar na escola, o estudante já sabe um bocado sobre elas fora o fato de elas serem de seu interesse imediato”. Ainda entendemos que “[...] o conhecimento que está ancorado em contextos específicos é mais significativo, mais integrado, melhor retido e mais transferível” (Hung; Jonassen; Liu, 2008, p. 488, tradução nossa).

A metodologia de ensino PBL, em suma, inicia quando “[...] é apresentado ao aluno um cenário-problema, de onde eles, em pequenos grupos, formularão questões de investigação, procurando soluções para o problema apresentado através do cenário” (Vasconcelos; Amado, 2022, p. 53). Assim, é a partir da apresentação (ou até mesmo da construção) do problema – em alguns casos situação-problema ou ainda cenário-problema – que se inicia o processo de ensino-aprendizagem, contrariando séculos de prática educacional formal, em que se espera que os estudantes dominem o conteúdo antes de aplicá-lo na resolução de um problema (Hung; Jonassen; Liu, 2008). Dessa forma, a PBL diverge do supracitado ensino tradicional, no qual o processo de ensino-aprendizagem tem início a partir da exposição docente.

Na PBL, o professor possui o papel de tutor, isto é, salvo em atividades de manutenção, como pronunciamentos ou atividades de orientação, as instruções do tutor devem manter-se em um nível metacognitivo, atuando como questionador, desafiador, mediador e incentivador de discussões entre os estudantes (Barrows, 1988). Portanto, na PBL, “é mais importante considerar o quanto o estudante aprende do que o quanto o professor ensina” (Barrows; Tamblyn, 1980, p. 16, tradução nossa).

Em relação aos objetivos educacionais, a PBL não demonstra constância, mesmo na perspectiva de Barrows. Apresentamos, no Quadro 1, os objetivos educacionais da PBL em três publicações distintas ao longo de uma década. Ressaltamos que o quadro evolutivo, em continuidade, não se refere aos artigos analisados na RSL, mas aos trabalhos elaborados pelo autor que tomamos como referência (Howard S. Barrows) para as análises das atividades PBL desenvolvidas nos artigos. Para melhor visualização, organizamos os objetivos semelhantes apresentados em cada trabalho em uma mesma linha do referido quadro.

Analisando o primeiro objetivo descrito no Quadro 1, percebemos que, inicialmente, a construção/estruturação da base do conhecimento era estritamente voltada à resolução de casos clínicos. Já na segunda publicação, essa base é descrita como extensa e flexível, tornando o objetivo mais amplo e englobando o anterior. Entretanto, na terceira publicação, o objetivo é restringido novamente, dessa vez, para um caso específico do descrito na primeira e, conseqüentemente, um caso específico do objetivo da segunda publicação.

Quadro 1 – Evolução dos objetivos educacionais possíveis em um currículo PBL na perspectiva de Barrows.

Barrows (1986)	Barrows e Kelson (1995, citado por Hmelo; Ferrari, 1997)	Barrows (1996)
Estruturar o conhecimento para uso em contextos clínicos.	Construir uma base de conhecimento extensa e flexível.	Adquirir uma base de conhecimento estruturada em torno dos sintomas apresentados pelo paciente.
Desenvolver um processo de raciocínio clínico eficaz.	Desenvolver habilidades eficazes de resolução de problemas.	Adquirir uma base de conhecimento emaranhada com processos de resolução de problemas usados na Medicina clínica. Desenvolver um Processo Eficaz e Eficiente de Resolução de Problemas Clínicos.
Desenvolver habilidades eficazes de aprendizagem autodirigida.	Desenvolver habilidades de aprendizagem autodirigidas e vitalícias.	Desenvolver Habilidades de Aprendizagem Autodirigidas Eficazes. Desenvolver habilidades de trabalho em grupo.
Aumentar a motivação para aprender.	Tornar-se intrinsecamente motivado para aprender.	
	Tornarem-se colaboradores eficazes.	
		Adquirir uma Base de Conhecimento Integrada.

O segundo objetivo descrito apresenta uma evolução mais linear. Inicialmente, é restrito ao desenvolvimento de raciocínio clínico, sendo, posteriormente, na segunda publicação, ampliado para o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, em que são necessárias habilidades de raciocínio. Na terceira, o autor unifica-os, visando ao desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas clínicos. Além disso, ainda acrescenta o objetivo de desenvolver a base de conhecimentos integrada a habilidades de resolução de problemas.

O terceiro objetivo é o que apresenta maior constância ao longo das publicações. Assim, as habilidades de aprendizagem autodirigidas apresentam-se com um objetivo intrínseco à PBL. Na segunda publicação, identificamos uma ênfase nas aprendizagens de longa duração, enquanto, na terceira, é enfatizado o trabalho em grupo. Entendemos que ambos são possíveis com a PBL e não identificamos o motivo das aprendizagens de longa duração não estarem incluídas na publicação mais recente.

A motivação do estudante, no quarto objetivo, mesmo referido como objetivo que motivou o desenvolvimento da metodologia (Barrows, 1996), por algum motivo, não está explicitamente presente na terceira publicação. De qualquer forma, entendemos que é um objetivo natural da PBL, justamente pela centralidade do estudante e pela utilização de problemas reais.

As últimas duas linhas do Quadro 1 dispõem objetivos dos trabalhos de Barrows que não possuem correspondentes similares. Entretanto, podemos entender a colaboração, indicada na segunda publicação, como um sinônimo do trabalho em grupo, presente também, como supracitado, no terceiro objetivo da última coluna. Já a base de conhecimentos integrada refere-se, especificamente, à implementação de um currículo PBL unificado, em que os saberes necessários para a resolução dos problemas necessitam da integração dos conteúdos das disciplinas (Barrows, 1996).

De modo geral, no Quadro 1, os objetivos dispostos na primeira publicação (Barrows, 1986) indicam percepções voltadas, por vezes, explicitamente, ao ensino de Medicina. Na segunda, os objetivos apresentados são mais amplos, possibilitando a transposição para quaisquer áreas do conhecimento, com nenhum tipo de adaptação. Já na terceira publicação (Barrows, 1996), os objetivos retornam para o foco na área da saúde, mas também apresentam um grande emaranhamento entre si. Por exemplo, nessa terceira, os dois primeiros objetivos e o último fazem menção a uma aquisição de base do conhecimento, a qual deve ser adequada para a investigação por meio de sintomas dos pacientes, entrelaçada com habilidades de resolução de problemas e integrada com outras áreas do conhecimento.

Em termos de evolução, é perceptível que, embora se trate do mesmo autor, ocorreram alterações nos objetivos educacionais ao longo dos anos. Da mesma forma, espera-se que, após essas décadas desde a primeira publicação, com a transposição da metodologia para diferentes áreas do conhecimento e com os distintos níveis de ensino, os objetivos sejam modificados, mas que ainda guardem alguma semelhança com aqueles contidos no Quadro 1.

Neste sentido, como qualquer outra metodologia, a PBL está sujeita a modificações, adequações e até evoluções. Em alguns casos, “[...] o professor pode julgar necessário transmitir algumas informações ou conceitos antes de introduzir o problema, diminuindo assim os ganhos da aprendizagem autônoma e do processo de raciocínio diagnóstico” (Ribeiro, 2008, p. 18). Nessas situações, Davis e Harden (1999) salientam que, quanto maior o suporte interno (*i.e.* apoio provido pelos próprios estudantes do grupo), menor a necessidade do suporte externo (*i.e.* atuação do tutor e utilização de materiais de apoio). Assim, com a resolução de múltiplos problemas PBL, os grupos desenvolvem autonomia e os estudantes conquistam independência em sua aprendizagem autodirigida (Barrows, 1988).

Mediante as diversas variações da PBL, decorrentes de suas modificações durante sua disseminação, Barrows (1996) propõe um modelo central para comparações entre versões da metodologia. Com isso, o autor sintetiza seis características necessárias para que a prática seja considerada como PBL, são elas: (i) A aprendizagem é centrada no estudante; (ii) A

aprendizagem ocorre em pequenos grupos; (iii) Os professores são facilitadores ou guias; (iv) Os problemas formam o foco da organização e o estímulo da aprendizagem; (v) Os problemas são um veículo para o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas clínicos⁴ e (vi) As novas informações são adquiridas por meio da aprendizagem autodirigida (Barrows, 1996).

III. Referencial Metodológico

A presente pesquisa é caracterizada como sendo de cunho qualitativo. Portanto, reconhecemos que pesquisar qualitativamente “[...] significa compreender que se trata de um ofício, marcado pelo desafio de fazer pesquisa original e perseguir três objetivos importantes: transparência, meticulosidade e aderência às evidências” (Yin, 2015, p. 3, tradução nossa). A escolha da pesquisa qualitativa justifica-se por atender à abundância contextual, possibilitando a condução de estudos aprofundados sobre uma ampla gama de tópicos (Yin, 2015).

A pesquisa qualitativa designa algumas abordagens metodológicas, dentre elas, a abordagem interpretativa, a qual utilizaremos na presente pesquisa. A abordagem interpretativa sendo que, para Erickson (1986), refere-se a toda a família de abordagens da pesquisa observacional participante, sendo um termo mais adequado por ser inclusivo; por evitar a ideia de a pesquisa ser essencialmente não quantitativa e, principalmente, porque sugere a característica básica comum de todas essas abordagens, o interesse central da pesquisa no significado humano na vida social e em sua elucidação e exposição pelo pesquisador.

A RSL consiste em “[...] uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema” (Sampaio; Mancini, 2007, p. 84). Ela possibilita a síntese criteriosa das informações existentes sobre um problema específico, que tem como objetivo colaborar com o avanço do conhecimento científico, associado ou não à metanálise (Gonçalves; Nascimento; Nascimento, 2015).

A consubstanciação de uma RSL envolve algumas etapas estruturadoras intrínsecas. Para Gonçalves, Nascimento e Nascimento (2015), essas etapas são: definição do problema de pesquisa; determinação dos termos técnicos e descritores, estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão para as publicações, análise crítica e avaliativa do referencial teórico selecionado e, por fim, resumo das informações.

Dessa forma, a RSL, ao apresentar um resumo das pesquisas encontradas, possibilita incorporar um espectro mais abrangente de resultados relevantes, não os limitando aos resultados da leitura de somente alguns artigos (Sampaio; Mancini, 2007). Em suma, a sistematização e abstração sintética promovida pela efetivação de uma RSL permite uma

⁴ As características propostas por Barrows são relacionadas ao âmbito de escolas médicas; como nossa análise está no âmbito das ciências naturais, adequamos o quinto critério para: [...] habilidades de resolução de problemas. Não limitando a problemas clínicos.

integração de informações, viabilizando a identificação de padrões de resultados, bem como lacunas de pesquisa, orientando investigações futuras.

Para a análise dos dados coletados no processo de revisão, optamos pela utilização da categorização de dados proposta por Yin (2015). Tal categorização é composta pelas seguintes etapas: compilação; desagrupamento; reagrupamento; interpretação e conclusão.

Conforme Yin (2015), a análise inicia pela compilação e classificação das notas de campo reunidas na coleta de dados; portanto, significa colocá-las em alguma ordem. Durante a fase de desagrupamento, decompõem-se os dados compilados em fragmentos menores (Yin, 2015). Na fase de reagrupamento, os fragmentos são reagrupados conforme um determinado agrupamento. Durante a fase de interpretação, são utilizados os fragmentos reagrupados para a formulação de novas narrativas, então, categorizando-as com base nos padrões emergentes. Na última etapa, extraem-se as conclusões quantitativas e qualitativas provenientes da interpretação dos dados das categorias.

IV. Procedimentos Metodológicos

O processo da RSL tem início no estabelecimento de parâmetros para a seleção de revistas acadêmicas. Para tal, escolhemos a Plataforma Sucupira⁵, que consiste em um sistema de coleta de informações para o Sistema Nacional de Pós-Graduação. Nela, encontra-se o *Qualis* Capes, que se trata de um sistema de avaliação de periódicos, o qual classifica revistas nacionais e internacionais em relação à circulação e qualidade, qualificando os programas de pós-graduação.

Iniciamos nossa pesquisa pelo estabelecimento do seu domínio, por meio da imposição de recortes. Inicialmente, delimitamos a busca em revistas publicadas em português, inglês e espanhol, uma vez que são os mais divulgados globalmente e que possuem maior familiaridade em pesquisas realizadas em nosso país. Ainda limitamos às revistas que possuam os dois maiores níveis do estrato do *Qualis* Capes (2013-2016), A1 e A2, por se tratarem daquelas com maior circulação e qualidade. Nossa última restrição em relação às revistas é quanto à área de avaliação, limitando-nos à área de Ensino, subárea Ensino de Física e Educação em Ciências. Com isso, chegamos a um total de 37 periódicos para análise.

Com as revistas selecionadas, partimos para a seleção de artigos, sendo que delimitamos nossa pesquisa temporalmente, limitando-nos aos textos publicados entre 2012 e 2022⁶. Na sequência, estabelecemos os descritores que seriam utilizados, objetivando otimizar nossa busca. Para tal, os descritores foram: (i) “*Problem-Based Learning*”, termo original em inglês; (ii) “*Problem Based Learning*”, variação encontrada em inglês; (iii) “PBL”, sigla em inglês; (iv) “*Aprendizaje Basado en Problemas*”, sua tradução em espanhol; (v) “Aprendizagem

⁵ Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>.

⁶ De janeiro de 2012 até agosto de 2022.

Baseada em Problemas”, sua tradução em português; e (vi) “ABP”, sua sigla tanto em português quanto em espanhol.

Para a pesquisa dos descritores, utilizou o campo de busca da página inicial dos *sites* das revistas. Entretanto, destacamos que não foi encontrado o *site* da revista “*Revista de la Educacion de las Ciencias*”, acarretando a sua exclusão da análise, o que reduziu a quantidade de revistas analisadas para 36.

Com essa busca, obtivemos um total de 463 artigos que mencionam, de alguma forma, algum dos descritores utilizados. Contudo, diversos artigos encontrados requerem o pagamento ou a assinatura das revistas para sua leitura completa, reprimindo o acesso e dificultando a pesquisa. Além disso, os artigos, inicialmente, encontrados podem conter resultados indesejáveis por utilizarmos siglas como descritores⁷. Ademais, os resultados obtidos podem conter artigos que apenas citam ou referenciam a PBL, não sendo o objetivo do estudo desenvolvido.

Dessa forma, objetivando uma melhor seleção de artigos, estabelecemos um sistema de filtragem, composto por três filtros, os quais destacamos a seguir. Iniciamos optando por restringir os resultados aos artigos de acesso aberto, pois estes possibilitam a reprodutibilidade dos resultados de pesquisa, a transparência metodológica, o acesso global aos resultados de investigação e a economia de recursos, garantindo e acelerando o progresso científico (Caballero-Rivero; Sánchez-Tarragó; Santos, 2019). Além disso, destacamos que nossa pesquisa não possui financiamento específico para a obtenção dos trabalhos, legitimando nossa restrição aos artigos de acesso aberto. Ao aplicarmos o primeiro filtro, reduzimos nossa análise a 154 artigos, os quais foram devidamente separados e organizados por revista após *download*.

Em posse dos artigos, realizamos, para cada um, a leitura do título, resumo e palavras-chave, além da utilização da ferramenta de busca do leitor de texto para identificar se o artigo, de fato, tratava sobre a metodologia PBL. A partir dessa análise, excluímos da pesquisa os artigos que não correspondiam à utilização da PBL, resultando em um total de 49 artigos remanescentes, ou seja, aplicamos o filtro dois: Artigos que envolvam a PBL.

O terceiro e último filtro refere-se à classificação do artigo. Como uma das justificativas para a elaboração da RSL é a construção de subsídios para a elaboração de uma proposta envolvendo a PBL, optamos por realizar uma restrição final dos artigos. Dessa forma, entendemos como filtro três: ser uma proposta didática, relato de aplicação ou proposta com relato de aplicação da metodologia PBL.

Dos 49 artigos selecionados após o filtro dois, restaram 26 depois da aplicação do filtro três. Dentre os assuntos dos artigos descartados, encontram-se: discussão de manuais escolares, revisões de literatura, formação de professores em PBL, criação de *websites* para PBL, apresentação de um problema PBL, aplicação da PBL em outras áreas que não sejam a Física ou as Ciências, entre outros. Demais fatores que levaram à exclusão dos artigos foram o

⁷ A sigla PBL, por exemplo, pode significar *Project-Based Learning*, outra metodologia ativa, mas que foge ao escopo desta pesquisa.

tratamento raso da metodologia PBL, impossibilitando a análise a partir das questões norteadoras; por exemplo, no caso de artigos comparativos entre muitas metodologias, ou ainda aplicações com menções superficiais à PBL. Destacamos ainda que os artigos que usufruem de autoproclamadas variações da PBL não foram excluídos da nossa pesquisa, salvo comparações entre elas com a PBL; nesse caso, consideramos apenas a PBL. Em nosso entendimento, nos demais casos, as variações não necessariamente descaracterizam a PBL, mas a enriquecem, como o caso da *School Based-Cooperative Problem-Based Learning* (Musalamani; Yasin; Osman, 2021), da *Problem-Based Learning and Cooperative Learning “Numbered Heads Together”* (Siew; Chin; Sombuling, 2017; Siew; Chin, 2018), e ainda da PBL com *Thinking Maps* (Siew; Mapeala, 2016; 2017).

Identificamos que todos os 26 artigos relatam a implementação de atividades didáticas. Consideramos que se trata de um resultado promissor, pois indica que a metodologia, de fato, vem sendo aplicada em salas de aula.

Por outro lado, esse resultado também aponta uma carência de trabalhos instrucionais, que forneçam materiais didáticos mais detalhados. Com isso, é possível levar jovens pesquisadores a adotarem referenciais que não trazem, explicitamente, os fundamentos históricos, filosóficos ou psicológicos da PBL, corroborando para uma utilização descaracterizada da metodologia. "Com a confusão reinando suprema, o praticante novato irá, felizmente, criar sua própria alquimia educacional a partir de diversas fontes de inspiração (nenhuma das quais faz referência aos Pais Fundadores) e chamá-la de PBL". (Servant, 2016, p. 244, tradução nossa).

Com os artigos já selecionados, elaboramos questões norteadoras para análise, que deveriam ser respondidas durante a leitura, constituindo uma base de dados. Salientamos a relevância dessas questões ao sistematizarem a análise dos artigos selecionados, proporcionando maior pragmatismo à investigação, norteando a pesquisa e respondendo aos seus objetivos específicos. O Quadro 2 representa as questões norteadoras elaboradas e seus respectivos objetivos.

Quadro 2 – Questões norteadoras para análise dos artigos.

Questão de Análise	Objetivo
Quais os objetivos a serem alcançados por meio da utilização da metodologia PBL?	Identificar por que e para que os autores optam por utilizar a PBL.
Qual o nível de ensino no qual a metodologia é aplicada?	Mapear os níveis de ensino em que os autores utilizam a PBL.

Quais os conteúdos de Física/Ciências da Natureza trabalhados a partir da PBL?	Compreender quais os conteúdos de Física/Ciências da Natureza trabalhados com a PBL e quais ainda carecem de atenção.
Quais os Referenciais Teóricos utilizados em conjunto com a PBL?	Mapear as Teorias de Aprendizagem utilizadas para a elaboração das atividades com a PBL.
Quais recursos didáticos articulados à PBL foram utilizados?	Identificar se foram utilizados recursos didáticos em conjunto com a PBL e quais são eles.
Quais as modificações, se houve, quanto às características propostas por Barrows?	Mostrar se houve mudanças realizadas na metodologia e quais são elas.
Qual(is) o(s) método(s) de avaliação da eficácia da metodologia empregado (s) pelos pesquisadores?	Identificar os métodos de avaliação da metodologia empregados pelos pesquisadores.
Qual método de avaliação dos estudantes foi empregado?	Saber se existe algum tipo de avaliação do estudante. Se sim, como ela foi desenvolvida, aplicada e de que forma ela impacta a avaliação do estudante na(s) disciplina(s) envolvida(s).
Quais os avanços e desafios encontrados na aplicação da PBL?	Identificar os principais avanços e desafios elencados nos artigos com práticas desenvolvidas.
Observações	Espaço para comentários e observações que não foram totalmente supridos com as questões anteriores.

Conforme já mencionamos, para a análise dos dados, utilizamos a categorização de Yin (2015). Portanto, iniciamos a etapa de compilação, selecionando os elementos importantes da pesquisa. Para isso, durante a leitura de cada artigo, grifamos partes do texto que respondiam às questões norteadoras, sendo que cada questão correspondia a uma cor diferente. As respostas foram então extraídas dos artigos e dispostas em um documento de texto individual para cada artigo, organizadas de acordo com a pergunta que respondem.

Na etapa de desagrupamento, foram criados nove novos documentos de textos, um para cada questão norteadora. A seguir, todas as respostas das questões foram desagregadas e dispostas nos novos documentos. Dessa forma, cada documento era composto por uma questão norteadora e 26 respostas, uma para cada um dos artigos analisados.

Durante a etapa de reagrupamento, realizamos a leitura e releitura das respostas das questões de análise de cada artigo. Identificamos padrões e semelhanças entre as respostas e criamos categorias. Por fim, classificamos os artigos com base nas categorias emergentes, como serão apresentados na seção seguinte.

Na etapa de interpretação, analisamos e interpretamos cada questão e suas respectivas categorias individualmente. Essa etapa deve promover ideias iniciais dos resultados obtidos. Para tal, efetuamos a leitura e releitura das perguntas, fragmentos e categorias; além disso, inferimos resultados, a partir da elaboração de pequenos textos (novas narrativas), com base nas interpretações das incidências de respostas nas categorias. Na etapa de conclusão, fizemos a análise das ideias provenientes das novas narrativas na etapa de interpretação. Finalmente, realizamos a redação das conclusões, as quais serão expressas na seção a seguir.

Destacamos que, para cada artigo, fornecemos um número de identificação de 1 a 26, conforme o Quadro 3, possibilitando melhor organização e ordenação das respostas nas etapas. Tal organização mostrou-se fundamental, uma vez que concordamos com Yin (2015) ao afirmar que a categorização de dados é um processo não linear. Assim, tal organização possibilitou retroceder nas etapas o quanto fosse necessário, auxiliando no melhor controle e fidelidade aos artigos da fonte de dados.

Quadro 3 – Numeração dos artigos analisados.

Nº	Artigo	Periódico
1	Campillo e Guerrero, 2013	Ciência & Educação
2	Coelho e Malheiro, 2019b	
3	Ferreira, Alencão e Vasconcelos, 2015	
4	Silva, <i>et al.</i> , 2020	
5	Morgado <i>et al.</i> , 2016	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências
6	Musalamani, Yasin e Osman, 2021	<i>Journal of Baltic Science Education</i>
7	Siew e Chin, 2018	
8	Mundilarto, 2017	
9	Siew, Chong e Lee, 2015	
10	Su, 2022	
11	Tarhan e Acar-Sesen, 2013	
12	Jatmiko <i>et al.</i> , 2018	
13	Siew, Chin e Sombuling, 2017	
14	Siew e Mapeala, 2016	
15	Siew e Mapeala, 2017	
16	Zuza <i>et al.</i> , 2014	<i>Physical Review Special Topics - Physics Education Research</i>

17	Magalhães e Zuliani, 2020	Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas
18	Aiziczon e Cudmani, 2012	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
19	Coelho e Malheiro, 2019a	Investigações em Ensino de Ciências
20	Vasconcelos <i>et al.</i> , 2012	
21	Morales-García, 2016	<i>Latin-American Journal of Physics Education</i>
22	Çoban e Erol, 2020	
23	Martínez, Avalos e Mora, 2019	
24	Felipe, Ortega e Mora, 2013	
25	Felipe, Ortega e Mora, 2012	
26	Salvador <i>et al.</i> , 2014	<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>

V. Análise dos dados e resultados

Por motivos de organização, discutiremos a seguir cada questão individualmente, conforme ordem já apresentada. Salientamos previamente que alguns artigos não aparecem em nenhuma categoria, pelo fato de não disporem de informações para responder à questão; além disso, alguns artigos podem aparecer em mais de uma categoria.

Questão 1: Quais os objetivos a serem alcançados por meio da utilização da metodologia PBL?

A primeira questão possibilita a identificação dos objetivos dos autores com a aplicação da PBL; com isso, emergem as diversas possibilidades que essa metodologia proporciona. Tal identificação sugere o que os autores entendem sobre a metodologia, os resultados almejados e as características de suas aulas que pretendem alterar. Além disso, essa questão ainda nos possibilita identificar os potenciais metodológicos que não estavam presentes em sua implementação inicial, suscitando uma possível ampliação nos objetivos e finalidades atrelados à utilização da PBL.

Naturalmente, ao optar pelo desenvolvimento ou implementação de uma metodologia alternativa, existem expectativas de vantagens e benefícios, além de objetivos de aprendizagem complementares a serem alcançados. Por meio da análise dos artigos, constatamos uma vasta diversidade de objetivos com a utilização da PBL. Dessa forma, identificamos a necessidade de um referencial teórico para auxiliar no estabelecimento de algumas categorias. Para isso, utilizamos Zabala (1998) para a definição do que se configura como habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais.

Neste sentido, entendemos habilidades conceituais como as relativas à utilização de conceitos e princípios “[...] para a interpretação, compreensão ou exposição de um fenômeno

ou situação; quando é capaz de situar os fatos, objetos ou situações concretas naquele conceito que os inclui” (Zabala, 1998, p. 56).

A manifestação de habilidades procedimentais refere-se ao “[...] conjunto de ações ordenadas e com um fim, quer dizer, dirigidas para a realização de um objetivo” (Zabala, 1998, 58). As habilidades procedimentais constituem ações ou um conjunto de ações, sendo classificadas em três eixos contínuos: motor/cognitivo, poucas ações/muitas ações e algorítmico/heurístico (Zabala, 1998). Portanto, identificamos que as habilidades cognitivas constituem como um caso particular das habilidades procedimentais, situadas no extremo cognitivo do contínuo. Dessa forma, habilidades procedimentais incluem a realização das ações, a exercitação, a reflexão sobre a atividade e a aplicação em contextos diferenciados (Zabala, 1998).

As habilidades atitudinais englobam a manifestação dos valores, atitudes e normas dos estudantes, de modo que “[...] todos estes conteúdos estão estreitamente relacionados e têm em comum que cada um deles está configurado por componentes cognitivos (conhecimentos e crenças), afetivos (sentimentos e preferências) e de conduta (ações e declarações de intenção)” (Zabala, 1998, p. 62).

Entendemos que cada tipo de habilidade proposta por Zabala (1998) possui uma vasta amplitude. Para uma melhor construção das categorias emergentes da RSL, propomos, além dos três tipos de habilidades referidos, a inclusão de outras categorias, as quais se justificam por sua convergência e incidência nos artigos analisados. Dessa forma, as três categorias referentes aos tipos de habilidades de Zabala (1998) são utilizadas para o agrupamento e classificação dos objetivos mais diversificados encontrados na RSL. Com essas considerações, apresentamos, no Quadro 4, os resultados que emergiram da análise.

Quadro 4 – Artigos por categoria para a Questão 1.

Categoria	Nº de Trabalhos	Referências
Desenvolver habilidades procedimentais: resolução de problemas, pensamento crítico e realização de atividades práticas, analisar, formular hipóteses, confrontar, refletir, argumentar e comunicar ideias	16	1-5; 8; 12; 14; 17-23; 26
Desenvolver habilidades conceituais / Consolidar conhecimentos conceituais corretos / Desenvolver o aprendizado permanente	13	3; 4; 5; 8; 10; 11; 19; 21-26
Desenvolver habilidades atitudinais: melhoria nas atitudes em relação à ciência, comportamento social, trabalho em grupo cooperativo e motivação	10	2; 6; 9; 12; 15; 17; 20; 21; 23; 26
Evidenciar a relevância das ciências e da sua aprendizagem para o cotidiano / Preparar os estudantes para resolverem problemas reais	7	5; 8; 10; 15; 17; 18; 23

Orientar os estudantes / Promover autonomia	6	3; 17; 23-26
Desenvolver Criatividade e/ou Criatividade Científica	3	7; 9; 13

Como esperado, o maior resultado para os objetivos, expresso no Quadro 4, é relativo ao desenvolvimento de habilidades procedimentais, como as habilidades de resolução de problemas; dos 26 artigos, 16 possuem-no como um objetivo a ser alcançado. Embora esse resultado represente mais de 60% dos trabalhos analisados, entendemos que ainda se trata de um número pequeno, uma vez que diz respeito a um objetivo intrínseco à metodologia PBL (Barrows, 1986). As habilidades conceituais aparecem em sequência, o que também é esperado, uma vez que é um objetivo comum a qualquer metodologia, seja ativa ou não.

Dentre as habilidades atitudinais, o trabalho em grupo cooperativo e a motivação dos estudantes são objetivos já previstos por Barrows, vide Quadro 1. Quanto a este último, pode ser favorecido pela utilização de problemas reais, pela centralidade do estudante, pela identificação por parte dele, como um problema (ou desafio) e por sua possível relevância e impacto social de sua solução. Sobretudo “[...] uma das vantagens mais importantes da aprendizagem centrada no estudante é ele ser motivado pelas recompensas internas da aprendizagem e não pelas recompensas artificiais ou externas das notas” (Barrows; Tamblyn, 1980, p. 16, tradução nossa).

A preparação para a resolução de problemas reais, conjunto à relevância das ciências para o cotidiano, embora sejam objetivos fundamentais na metodologia, não aparecem explicitamente nos objetivos de Barrows, dispostos no Quadro 1. Por meio deles, é propiciado que os estudantes obtenham uma compreensão profunda do valor prático dos conteúdos e ferramentas utilizadas (Su, 2022). Além disso, a proposição do problema real promove a contextualização de conhecimentos (Magalhães; Zuliani, 2020) e a aproximação dos conceitos científicos com os aspectos de seu uso profissional (Aiziczon; Cudmani, 2012).

Cabe um destaque à categoria relativa ao objetivo de utilização da PBL para a orientação dos estudantes. Tal objetivo é inesperado e não trivial, uma vez que a PBL tem como característica a aprendizagem autodirigida, em que os estudantes devem buscar as fontes de informação, o que pode acarretar a confusão e desnorteio dos estudantes. Todavia, pode ser justamente tal característica que auxilie no desenvolvimento da autonomia estudantil (Ferreira; Alencão; Vasconcelos, 2015), de modo que a estrutura da PBL forneça subsídios para a orientação das atividades dos estudantes, facilitando o acompanhamento delas pelo tutor (Felipe; Ortega; Mora, 2012, 2013).

Outra categoria que deve ser ressaltada é a que envolve o objetivo de desenvolver a criticidade, uma vez que ele não estava previsto na formulação de Barrows (1986). O objetivo é proposto, pois a literatura mostra que a criatividade científica dos estudantes é cultivada quando é utilizada a PBL ou a *Numbered Heads Together* em atividades de aprendizagem (Siew; Chin; Sombuling, 2017). Além disso, a PBL produz variadas soluções para os problemas e utiliza a experimentação para encontrar a melhor solução criativa (Siew; Chong; Lee, 2015).

Questão 2: Qual o nível de ensino no qual a metodologia é aplicada?

Essa segunda questão envolve uma classificação direta dos artigos analisados, conforme o nível de ensino em que as atividades foram realizadas ou planejadas. O resultado é expresso no Quadro 5.

Quadro 5 – Artigos por categoria para a Questão 2.

Categoria	Nº de Trabalhos	Referências
Pré-escola ⁸ (até 6 anos)	2	7; 13
Ensino Fundamental (6-14 anos)	6	5; 6; 9; 14; 15; 20
Ensino Médio (15-17 anos)	8	1; 3; 4; 8; 11; 24; 25; 26
Ensino Superior	8	10; 12; 16; 17; 18; 21; 22; 23
Formação de Professores	2	2; 19

Por meio dos resultados apresentados no Quadro 5, identificamos que a maior parte dos trabalhos envolvendo a PBL compreende o Ensino Superior e o Ensino Médio. Esperávamos encontrar a grande maioria deles no Ensino Superior, já que é o nível de ensino para o qual a metodologia foi inicialmente projetada (Servant, 2016). Entendemos que tal resultado pode estar relacionado à disponibilidade de tempo para o desenvolvimento das atividades, uma vez que, por ser uma metodologia que demanda um elevado grau de autonomia do estudante (Silva; Kalhil, 2015; Perozini *et al.*, 2019), pode exigir momentos de tutoria, que são mais facilmente encontrados no Ensino Superior.

A utilização da PBL no contexto do Ensino Médio, com o mesmo número de trabalhos que no Ensino Superior, em conjunto com os números expressivos do Ensino Fundamental, é um resultado promissor para a metodologia, mostrando que ela mesma é versátil e abrangente. Todavia, a PBL demanda uma maior autonomia dos estudantes, o que, principalmente na Educação Básica, pode ser uma grande barreira, pois, como supracitado, pode exigir momentos de tutoria. Além disso, os estudantes na faixa etária correspondente ao Ensino Fundamental, conforme destacado nos relatos dos professores por Vasconcelos *et al.* (2012), possuem pouca autonomia para a pesquisa e interpretação de dados.

Questão 3: Quais os conteúdos de Física/Ciências da Natureza trabalhados a partir da PBL?

A terceira questão busca esclarecer quais os conteúdos trabalhados com a PBL. Com isso, objetivamos compreender quais áreas possuem um maior desenvolvimento com a metodologia em questão e quais ainda necessitam de maior exploração. Realizar uma

⁸ Trabalhos desenvolvidos em países estrangeiros não utilizam essas nomenclaturas para designar os níveis escolares, então eles foram agrupados nas categorias conforme a idade relatada dos participantes das pesquisas.

classificação pragmática de conteúdos seria uma descaracterização da metodologia, uma vez que, na PBL, “[...] os estudantes, responsáveis por sua própria aprendizagem, engajados na aprendizagem autodirigida e estimulados pelo problema, podem explorar áreas de estudo muito além das expectativas do criador do curso” (Barrows, 1996, p. 9, tradução nossa). Todavia, visando situar em quais conteúdos a PBL foi implementada, realizamos algumas inferências de áreas, conceitos ou conteúdos trabalhados, como apresentado no gráfico da Fig. 1.

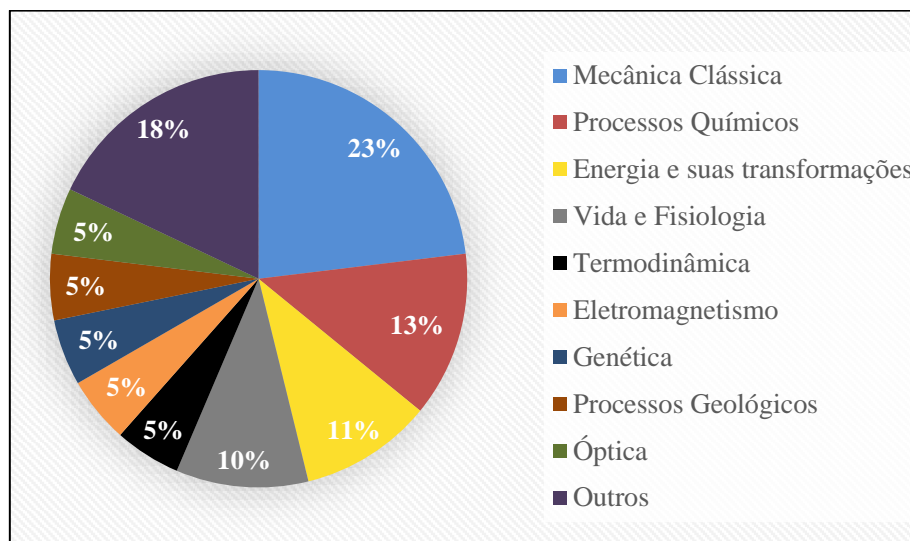


Fig. 1 – Conteúdos trabalhados com a PBL nos artigos analisados.

Dentre os artigos analisados, as áreas com maior incidência são as que envolvem Mecânica Clássica (n=9) e Processos Químicos (n=5). Além dessas, outras categorias surgiram com menor incidência, sendo agrupadas na categoria *Outros* (n=7); são elas: Física Moderna, Ligações Químicas, Anatomia, Organização Celular, Inteligência Artificial, Instrumentos de Medidas e Conversão de Unidades.

A diversidade de categorias em relação aos conteúdos trabalhados é algo esperado, dado que a PBL é uma metodologia muito abrangente e possibilita a interdisciplinaridade, visto que, como “na PBL os estudantes aprendem resolvendo um autêntico problema real” (Hmelo; Ferrari, 1997, p. 2, tradução nossa), essa resolução muitas vezes envolve a integração de diversas áreas do conhecimento. Portanto, além das áreas identificadas e inferidas, outras podem ser abordadas, conforme os diferentes caminhos para as resoluções dos problemas adotados pelos estudantes.

Questão 4: Quais os Referenciais Teóricos utilizados em conjunto com a PBL?

A quarta questão envolve uma classificação direta dos artigos, de acordo com a Teoria da Aprendizagem tomada como base para a utilização da PBL. O resultado consta no Quadro 6.

Quadro 6 – Artigos por categoria para a Questão 4.

Categoria	Nº de Trabalhos	Referências
Modelo Argumentativo de Toulmin	1	1
Teoria das Dimensões Culturais de Hofstede	1	4
Epistemologia Genética de Piaget	3	7; 9; 14
Socioconstrutivismo de Vygotsky	3	7; 9; 13
Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel	2	10; 18
Teoria do valor-expectativa de Vroom	1	15
Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira e Epistemologia da Complexidade	1	18
Não responde	16	2; 3; 5; 8; 11; 12; 16; 17; 19-26

A análise dos resultados proporcionados por essa questão é essencial para a melhor compreensão sobre como a PBL vem sendo implementada. Isso porque a utilização das teorias de aprendizagem escolhidas reflete diretamente o entendimento dos autores sobre a metodologia, bem como seus objetivos e suas investigações sobre as possibilidades promovidas pela PBL.

Neste sentido, os resultados expressos no Quadro 6 são preocupantes, pois indicam que mais de 60% dos trabalhos analisados não articulam a implementação da PBL, ao menos explicitamente, a teorias de aprendizagem. Esse efeito decorre, possivelmente, do entendimento dos autores de que a estrutura da PBL fornece elementos suficientes para compreensão, orientação e análise de resultados de aprendizagem, uma vez que a metodologia possui fundamentação em pressupostos construtivistas (Ribeiro, 2008). Contudo, entendemos que, por mais que a PBL forneça uma estrutura básica, a adoção de uma teoria da aprendizagem é fundamental, uma vez que, por intermédio dela, o professor pode orientar sua prática pedagógica e fornecer coerência e enfoque aos objetivos de aprendizagem, alinhando suas atividades aos princípios da teoria. Ademais, a utilização de uma teoria da aprendizagem auxilia na reflexão e autoavaliação pedagógica, analisando a necessidade de ajustes e personalizações de instrução, além de facilitar a avaliação dos estudantes.

Devido à natureza construtivista da PBL, é compreensível que a maior parte dos artigos desenvolvidos pautados por uma teoria de aprendizagem tenha sua natureza construtivista, como a Epistemologia Genética, a Socioconstrutivista, a Aprendizagem Significativa e a Aprendizagem Significativa Crítica. Por outro lado, as demais teorias utilizadas, como a de Toulmin, a de Hofstede e a de Vroom, indicam novas perspectivas para a utilização da PBL.

Questão 5: Quais recursos didáticos articulados à PBL foram utilizados?

Na quinta questão, identificamos os recursos didáticos que vêm sendo utilizados com a PBL. Expressamos os resultados encontrados no Quadro 7.

Quadro 7 – Artigos por categoria para a Questão 5.

Categoria	Nº de Trabalhos	Referências
Organizadores gráficos: Mapas mentais, mapas conceituais ou diagramas heurísticos (V de Gowin modificado)	4	1; 14; 15; 20
Experimentos, experimentos investigativos ou modelos experimentais em escala reduzida	6	2; 3; 8; 9; 19; 20
Palestras, Bibliografias e/ou <i>websites</i>	2	2; 5
Questões do Enem e vestibulares	1	4
Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)	4	18; 20; 21; 22
Jogos didáticos	1	20
Feira de ciências	1	26
Não utiliza ou não explicita	10	6; 7; 10-13; 16; 23-25

Nessa questão, podemos perceber a existência de uma diversidade nos recursos didáticos articulados à PBL. Entretanto, uma parte considerável dos resultados encontrados demonstra que nenhum recurso é utilizado, indicando que o problema apresentado é o suficiente para a utilização da metodologia, o que não impede a eventual utilização por iniciativa dos estudantes. Assim, os problemas são usualmente apresentados em impressões, mas outras mídias podem ser utilizadas, como, por exemplo: recortes de jornal, fitas de áudio, vídeos e simulações computacionais (Davis; Harden, 1999).

Dos artigos analisados, seis utilizam a experimentação, o que é compreensível, haja vista que a PBL objetiva resolver problemas da realidade e incrementar habilidades procedimentais, atitudinais e conceituais, que podem ter seu desenvolvimento propiciado a partir da realização de experimentações investigativas (Suart; Marcondes, 2009). Ainda a experimentação pode auxiliar no processo de investigação, na formulação e teste de hipóteses, modelagem e interpretações físicas, além de propiciar a discussão entre os grupos, reconhecendo as possibilidades e limitações dos modelos físicos utilizados.

Questão 6: Quais as modificações, se houve, quanto às características propostas por Barrows?

Nosso principal referencial teórico ao trabalharmos e estudarmos a PBL é Barrows (1996). Contudo, reconhecemos que uma metodologia nem sempre é seguida e desenvolvida

exatamente da forma como foi inicialmente proposta. Com essa sexta questão, objetivamos demonstrar as possíveis alterações na metodologia proposta por Barrows, as quais podem agregar aspectos pertinentes às implementações ou gerar descaracterizações indevidas, prejudicando os objetivos pretendidos da PBL. Os resultados encontrados estão expostos no Quadro 8.

Quadro 8 – Artigos por categoria para a Questão 6.

Categoria	Nº de Trabalhos	Referências
O foco não é o desenvolvimento de habilidades de RP	12	1; 3; 6; 7; 8; 12; 14; 15; 18; 19; 20; 22
Tutores diretivos	4	2; 3; 4; 5
Problemas não possibilitam soluções distintas	1	2
O trabalho em grupo foi realizado a distância	1	18
Inclui questões orientadoras	2	24; 25

Alterações em metodologias são frequentes, contudo, quando existem muitas modificações, a metodologia pode ser desconfigurada, dificultando o desenvolvimento dos objetivos previstos. Assim, para um melhor diagnóstico dos artigos analisados, utilizaremos como base as seis características da PBL descritas por Barrows (1996) e apresentadas na segunda seção deste artigo.

A primeira categoria apresenta resultados significativos, indicando que os trabalhos analisados possuem focos e objetivos principais diferentes daqueles propostos, inicialmente, por Barrows. Entretanto, ressaltamos que boa parte desses trabalhos também objetiva o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas; contudo, este não é o principal objetivo. Tal constatação demonstra uma modificação notável na metodologia, podendo ser compreendida como uma evolução ou ampliação do horizonte previsto de início, de modo semelhante ao já relatado na questão 1.

A segunda categoria chama atenção por se tratar de uma evidente descaracterização metodológica. Os professores, ao fornecerem informações ou indicar ações, vão em contraponto à atribuição de tutor, o que pode comprometer a centralidade do estudante e corromper os resultados educacionais. Como alerta Barrows (1986, p. 485, tradução nossa): “Se os estudantes não tiverem a liberdade de raciocinar e aprender sozinhos por causa de um tutor excessivamente diretivo [...] então os objetivos ficam comprometidos”. Devido a esses comportamentos, identificamos que o objetivo mais afetado é o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem autodirigida. Isso porque, ao fornecer as explicações, informações ou fontes, os professores reduzem gravemente, ou até eliminam, a possibilidade de autoaprendizagem estudantil.

Reconhecemos que a inclusão de questões orientadoras e de trabalhos remotos, embora não previstas na disseminação inicial da PBL, não interfere negativamente na implementação da metodologia ou em seus objetivos. Na PBL, os estudantes necessitam de uma medida de apoio, seja ela por meio de um professor facilitador em um grupo ou por meio do material de apoio fornecido, como as questões norteadoras (Davis; Harden, 1999). Entendemos que essas questões podem auxiliar na organização das aulas, ao mesmo tempo em que proporcionam maior autonomia aos estudantes, sem a necessidade de consultar o tutor com tanta frequência.

Em relação aos trabalhos remotos, embora possam dificultar a experimentação real e conjunta da resolução dos problemas, pode ser uma alternativa conveniente e adequada para determinadas situações. Isso, claro, desde que possibilite o trabalho em grupo e a discussão das soluções, o que pode contribuir de modo significativo para o desenvolvimento de habilidades atitudinais.

Questão 7: Qual(is) o(s) método(s) de avaliação da eficácia da metodologia empregado pelos pesquisadores?

Na sétima questão, queremos analisar se o que foi planejado, efetivamente foi alcançado. Para isso, é necessário realizar uma avaliação da implementação e de seus resultados. Com os dados obtidos, construímos oito categorias dispostas no Quadro 9.

Quadro 9 – Artigos por categoria para a Questão 7.

Categoria	Nº de Trabalhos	Referências
Análise de organizadores gráficos	2	1; 13
Avaliações escritas	1	1
Observações de comportamentos e registros de respostas por meio de relatórios	5	2; 3; 4; 8; 19
Resolução de questões-problema ou do problema em si	2	4; 5
Pré-teste e Pós-teste, questionários ou problemas	19	6-17; 20-26
Entrevistas	4	4; 10; 16; 17
Pesquisa de Opinião	3	18; 24; 25
Autoavaliação	2	20

Nesta questão, identificamos que a metodologia PBL tem sido avaliada majoritariamente com base na utilização dos instrumentos pré-teste e pós-teste, sejam eles por meio de questionários ou problemas. Reconhecemos que essa preferência possivelmente decorre do objetivo dos autores de avaliar as alterações das concepções e habilidades dos estudantes, após a intervenção metodológica. Além disso, tal propensão encontra-se estritamente relacionada à concepção dos autores quanto à metodologia de pesquisa empregada.

Nossos resultados também destacam a importância da observação por parte dos tutores como ferramenta de avaliação. Tal ferramenta possui grande relevância, pois proporciona uma análise de habilidades procedimentais e, principalmente, atitudinais, que não são possíveis por intermédio das outras categorias elencadas, e cujo desenvolvimento é possibilitado com a estrutura da PBL (Barrows, 1996).

As três últimas categorias elaboradas possibilitam identificar as opiniões dos estudantes sobre o processo da PBL. Elas proporcionam um retorno tanto em relação à metodologia quanto em relação aos próprios estudantes. Esse retorno pode ser positivo ou negativo e é essencial para o aprimoramento da aplicação ou da própria metodologia. Por meio dele, podem ser identificadas as dificuldades dos estudantes, seus avanços, gostos pessoais, além de sua própria autoavaliação de aprendizagem.

Questão 8: Qual método de avaliação dos estudantes foi empregado?

Nessa questão, realizamos o mapeamento das ferramentas avaliativas empregadas pelos autores na utilização da PBL para avaliar a aprendizagem dos estudantes. Essa questão é pertinente, pois é esperado identificar ferramentas que auxiliem na avaliação dos estudantes em futuras aplicações. Os resultados encontrados estão expressos no Quadro 10.

Quadro 10 – Artigos por categoria para a Questão 8.

Categoria	Nº de Trabalhos	Referências
Organizadores Gráficos	2	1; 3
Prova ou testes de diagnóstico	5	1; 3; 4; 10; 18
Observações de comportamentos e registros de respostas através de relatórios	2	2; 4
Problemas ou problemas da própria PBL	3	4; 18; 26
Autoavaliação	1	10
Não responde	19	5-9; 11-17; 19-25

Identificamos, conforme o Quadro 10, que a maior parte dos artigos analisados não discute como os estudantes são avaliados. Considerando a estrutura da PBL, esperávamos encontrar as resoluções dos problemas da própria metodologia como principal ferramenta avaliativa, o que não foi o caso.

A segunda categoria indica-nos que, mesmo utilizando uma metodologia ativa, persiste a escolha de um instrumento avaliativo tradicional. No entanto, podemos identificar que os trabalhos que utilizam provas ou testes de diagnóstico empregam também outros métodos, classificados em outras categorias, como pode ser observado no Quadro 10.

Questão 9: Quais os principais avanços e desafios encontrados na aplicação da PBL?

Nesta última questão, buscamos investigar os resultados dos estudos analisados, isto é, queremos saber quais foram, de fato, os progressos alcançados e os obstáculos identificados. Com a categorização desses resultados, construímos o Quadro 11.

Quadro 11 – Artigos por categoria para a Questão 9.

Categoria		Nº de Trabalhos	Referências
Avanços	Contribuição para desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem	13	2; 8; 9; 10; 12; 13; 14; 16; 17; 18; 19; 21; 26
	Aumento da média das notas e maior homogeneização / Melhora no desempenho	11	4; 5; 7; 8; 9; 14; 16; 20-23
	Melhora no envolvimento dos estudantes	7	3; 6; 7; 10; 18; 20; 26
Desafios	Tempo curto ou curta duração	6	7; 12; 18; 22; 24; 25
	Dificuldade no trabalho em grupo	4	5; 11; 13; 18
	Dificuldade na pesquisa e/ou seleção de informação	3	5; 20; 26

A primeira categoria, relacionada à manifestação de habilidades de alta ordem, foi a mais representativa. Isso é esperado, uma vez que, dentre as habilidades de alta ordem, está a habilidade de resolução de problemas, principal objetivo da PBL. Habilidades de alta ordem, ou pensamento de ordem superior, do inglês *higher order thinking*, referem-se a uma postura crítica e metacognitiva, envolvendo esforço, pensamento não algorítmico, julgamentos complexos e sutis e a consideração de múltiplos princípios e soluções (Hmelo; Ferrari, 1997). Dessa forma, a manifestação de tais habilidades é propiciada em condições de incerteza que exigem autorregulação da construção do conhecimento.

Com isso, Siew, Chong e Lee (2015) relatam que os estudantes melhoraram suas pontuações nas dimensões de improvisação de um produto técnico, resolução de um problema de ciências e avanço do conhecimento científico. Além disso, foi constatado que, com a PBL, houve uma melhoria das habilidades de autoestudo, fornecendo uma imagem mais realista de desafios acadêmicos mais elevados, maior confiança, melhora das habilidades de resolução de problemas, habilidades de pensamento crítico e melhores habilidades de comunicação (Jatmiko *et al.*, 2018).

O aumento das médias das notas, embora seja um resultado muito positivo, não foi tão relatado nos artigos, englobando pouco mais de 40%. Neste sentido, além da superioridade, no pós-teste, do grupo experimental em relação ao grupo de controle, Vasconcelos *et al.* (2012, p. 715) relatam também que “grupos estatisticamente diferentes se tornaram semelhantes pós a

intervenção tendo os maiores ganhos ocorrido no grupo experimental”. Entretanto, compreendemos que o aumento de notas não é o objetivo primordial da metodologia, uma vez que ela também propõe desenvolver habilidades procedimentais e atitudinais, as quais não são avaliadas por meio de provas tradicionais (Zabala, 1998). Cabe destacar que o desenvolvimento dessas habilidades é aprimorado por meio da reflexão dos estudantes nessas experiências, auxiliados pelo tutor (Hmelo; Ferrari, 1997). Além disso, é relatado que:

de um modo geral, os alunos da [turma experimental] TE obtiveram melhor desempenho do que os alunos da [turma de controle] TC em questões de mais elevada exigência cognitiva, que requerem uma maior interligação de diferentes conhecimentos conceituais, passando-se o contrário nas questões conceitualmente menos exigentes (Morgado et al., 2016, p. 92).

Na terceira categoria, a melhora no envolvimento e motivação dos estudantes também era um resultado esperado, haja vista que essa foi uma das motivações para o desenvolvimento da metodologia (Barrows, 1996). Esse aumento no envolvimento é relatado como gradual e partindo de casos que se relacionavam com problemas próximos de seu cotidiano em termos emocionais e/ou geográficos (Ferreira; Alencão; Vasconcelos, 2015). Neste sentido, Musalamani, Yasin e Osman (2021) referem que os estudantes se destacaram como aprendizes ativos, participando das discussões em grupo e diálogos entre os pares, não hesitando em fazer perguntas ou analisar ideias.

Quanto aos desafios/problemáticas encontrados, o principal destaque é o tempo curto para a realização das atividades, ocorrendo situações em que as aulas se estenderam por mais tempo que o determinado (Siew; Chin, 2018), e/ou a curta duração das atividades desenvolvidas. Identificamos o primeiro caso como um problema curricular conhecido e muito presente no contexto brasileiro: disciplinas com carga horária reduzida e ementas incompatíveis. Já o segundo possibilita-nos reconhecer a limitação das atividades empregadas, constatando que os trabalhos desenvolvidos, relatados em nossa RSL, tratam de utilizações pontuais ou parciais da PBL, não sendo conduzidas durante todo o semestre ou ano letivo, com a exceção do artigo 21 de Morales-Garcia (2016), que trata de um estudo longitudinal. Neste aspecto, o trabalho relatado no artigo 7 de Siew e Chin (2018), por exemplo, utilizou apenas três atividades de PBL.

Os demais desafios relatados, relativos ao trabalho em grupo, pesquisa e seleção de informação, referem-se a dificuldades dos estudantes durante o processo da PBL. Conforme Barrows: “Esse objetivo educacional é facilmente enfraquecido por tutores que são diretivos com os alunos [...]” (1996, p. 7, tradução nossa). Assim, desde que bem orientada, entendemos que a própria prática da PBL pode contribuir para a superação dessas dificuldades, já que tem potencial para conferir o aprimoramento das habilidades requeridas para essa superação.

VI. Considerações finais

A RSL desenvolvida teve como objetivo central investigar a produção de trabalhos abertos em periódicos nacionais e internacionais de melhor avaliação no *Qualis* Capes (2013-2016), da última década, que envolvam a prática da PBL no âmbito do Ensino de Física e da Educação em Ciências. Levando em conta as 36 revistas analisadas, consideramos que o número final de 26 artigos envolvendo o planejamento e/ou aplicação da PBL é escasso.

Ainda assim, compreendemos que algumas conclusões podem ser expressas. Dentre elas, os níveis de ensino em que a PBL tem sido implementada. Nossos resultados apontam uma heterogeneidade pertinente, demonstrando que a metodologia vem sendo transposta para diferentes níveis de ensino em relação ao qual ela foi inicialmente planejada, contando, inclusive, com dois trabalhos envolvendo o ensino pré-escolar. Uma possível forma de auxiliar nessa transição é a adaptação gradual da metodologia, passando de uma aula tradicional para a PBL, bem como proposto por Harden, Davis (1998) em seu “*continuum of problem-based learning*”. Em todos os casos, reconhecemos que tal empenho, de transpor a PBL para a Educação Básica, merece ser enaltecido, uma vez que, nesse contexto, as disciplinas de Física/Ciências da Natureza, geralmente, dispõem de uma carga horária relativamente baixa, dificultando e, por vezes, inviabilizando, a aplicação de metodologias diferentes do ensino tradicional.

Outra transposição que se mostra relevante em nossa pesquisa é a variedade de conteúdos e áreas trabalhadas a partir da PBL. Muito embora seja uma característica prevista e fundamental, não deixa de ser louvável o reconhecimento da flexibilidade da metodologia, capaz de transpor não apenas níveis de ensino, mas também áreas do conhecimento. Ao mesmo tempo, demonstra seu potencial inerente como uma metodologia estruturadora de currículos, sendo capaz de integrar os conhecimentos de diferentes disciplinas (Ribeiro, 2008), implicando a possibilidade de implementação de currículos supradisciplinares.

Identificamos ainda que os artigos analisados, em sua maioria, mesmo propondo modificações, não descaracterizam a metodologia, de modo que a maior parte das características da PBL designadas por Barrows (1996), ainda se faz presente. Além disso, a pluralidade de Teorias da Aprendizagem identificada corrobora com a afirmação de que, por mais que o princípio básico que fundamenta a PBL seja mais antigo que a própria educação formal, ela ainda pode ser considerada inovadora, uma vez que proporciona integrar e incorporar princípios e elementos de várias teorias educacionais em um conjunto consistente de atividades (Ribeiro, 2008).

Em relação aos recursos utilizados, a diversidade encontrada demonstra a flexibilidade e a evolução da metodologia PBL no decorrer do tempo, possibilitando sua adaptação e incrementação por intermédio desses recursos. Com tais alterações, pode ser promovido o desenvolvimento dos objetivos de aprendizagem previstos tanto na PBL de Barrows, quanto nos objetivos próprios dos artigos. Ademais, entendemos que essa variedade de recursos, além

de promover maiores possibilidades de inovação, contribui para a longevidade e evolução da metodologia.

Em relação às formas de avaliação dos estudantes, identificamos que a maior parte dos artigos analisados utilizou o instrumento de pré-teste e pós-teste ou resolução de problemas. Esses resultados são de suma importância para o desenvolvimento de novas pesquisas ou mesmo implementações didáticas que utilizam a PBL, uma vez que, por meio deles, os professores-pesquisadores podem guiar suas avaliações fazendo-o por intermédio das ferramentas mais utilizadas. Ou, por outro lado, podem utilizar outras, não identificadas nesta revisão, ampliando as perspectivas de avaliação da metodologia e contribuindo para o preenchimento de possíveis lacunas da literatura.

Dentre os resultados da aplicação da metodologia relatados pelos autores, destacamos (i) manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem, (ii) maior envolvimento dos estudantes, (iii) aumento das notas médias e maior homogeneização e (iv) melhora na aprendizagem. Os dois últimos itens são objetivos comumente desejáveis para qualquer prática pedagógica desenvolvida, portanto, enfatizamos os dois primeiros. Ambos se destacam como duas das maiores potencialidades da metodologia PBL, proporcionadas, principalmente, pelo enfrentamento de problemas reais, os quais detenham significados e utilidades para os estudantes envolvidos (Ribeiro, 2008).

Já quando olhamos para os obstáculos encontrados, entendemos o tempo curto para aplicação da metodologia como a principal dificuldade mostrada pelos autores dos artigos analisados. Ao considerar a modificação radical nos papéis do professor e dos estudantes na metodologia, mesmo que de forma progressiva, por meio do continuum PBL (Harden; Davis, 1998) supracitado, demanda um grande investimento temporal curricular e extracurricular de todos os envolvidos. Dentre as possíveis soluções, encontra-se a reformulação curricular, seja para o aumento de horários letivos, seja uma estrutura curricular flexível preparada para a utilização de diferentes metodologias, ou ainda, de modo mais extremo, a implementação de um currículo PBL (Barrows; Tamblyn, 1980; Barrows, 1986, 1996).

Em suma, a PBL mostra-se como uma metodologia desafiadora, com o potencial de subverter o ensino tradicional e a organização escolar. Entretanto, ainda são necessárias mais investigações acerca da metodologia, dado o número relativamente baixo de trabalhos encontrados. Esperamos que a RSL desenvolvida possa servir como orientação para pesquisas futuras, bem como uma referência para professores e pesquisadores que se interessem pela metodologia e por sua inovação proporcionada, tendo em vista promover a qualidade do processo de ensino-aprendizagem de Física/Ciências da Natureza.

Agradecimento

Agradecemos, especialmente, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo fomento a essa pesquisa.

Referências bibliográficas

AIZICZON, B.; CUDMANI, L. Evaluación de una propuesta didáctica en el aula de biofísica de enfermería universitaria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 7-32, abr. 2012.

BARROWS, H. S. A taxonomy of problem-based learning methods. **Medical Education**, v. 20, p. 481-486, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>. Acesso em: 26 jan. 2024.

BARROWS, H. S. Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. **New directions for teaching and learning**, v. 1996, n. 68, p. 3-12, 1996.

BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education**. ed.1. New York: Springer Publishing Company, 1980.

ÇOBAN, A.; EROL, M. Influence of Problem-Based Learning on Conceptual Understanding and Critical Thinking regarding Quantum Physics. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 14, n. 4, 4303, dec. 2020.

CABALLERO-RIVERO, A.; SÁNCHEZ-TARRAGÓ, N.; SANTOS, R. N. M. dos. Práticas de Ciência Aberta da comunidade acadêmica brasileira: estudo a partir da produção científica. **Transinformação [Internet]**. v. 31, e190029, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0889201931e190029>. Acesso em: 26 jan. 2024.

CAMPILLO, Y. P.; GUERRERO, J. A. C. El ABP y el diagrama heurístico como herramientas para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciencias. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 3 p. 499-516, 2013.

COELHO, M. N. Uma comparação entre team-based learning e peer-instruction em turmas de física do ensino médio. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 4, n. 10, 2018. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/1067>. Acesso em: 1 jan. 2024.

COELHO, A. E. F.; MALHEIRO, J. M. S. Habilidades cognitivas em processos formativos de professores da educação básica na aprendizagem baseada em problemas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 163-180, ago. 2019a. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p163>. Acesso em: 26 jan. 2024.

COELHO, A. E. F.; MALHEIRO, J. M. S. Manifestação de habilidades cognitivas em um curso de férias: a construção do conhecimento científico de acordo com a Aprendizagem baseada em Problemas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 505-523, 2019b.

DAVIS, M. H.; HARDEN, R. M. AMEE Medical Education Guide No. 15: Problem-based learning: a practical guide. **Medical Teacher**, v. 21, n. 2, p. 130-140, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01421599979743>. Acesso em: 26 jan. 2024.

ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. Aprender a Resolver Problemas e Resolver Problemas para Aprender. In: POZO, J. I. (Org.). **A solução de Problemas**. Porto Alegre: Artmed, 1998, p. 13-42.

ERICKSON, F. **Qualitative Methods in Research on Teaching**. In Handbook of Research on Teaching. New York: MacMillan, 1986.

FELIPE, A. T.; ORTEGA, A. L.; MORA, C. Secuencias didácticas ABP para principios de la Dinámica y leyes de Newton en bachillerato. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 7, n. 1, p. 47-57, mar. 2013.

FELIPE, A. T.; ORTEGA, A. L.; MORA, C. Use of PBL in teaching the principles of dynamics in high school. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 6, Supl. I, p. 280-284, ago. 2012.

FERREIRA, C.; ALENCOÃO, A.; VASCONCELOS, C. O recurso à modelação no ensino das ciências: um estudo com modelos geológicos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 1, p. 31-48, 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GONÇALVES, H. A.; NASCIMENTO, M. B. C.; NASCIMENTO, K. C. S. Revisão sistemática e metanálise: Níveis de evidência e aplicabilidade em pesquisa científica. **Investigação Qualitativa em Educação**, v. 2, p. 386-389, 2015.

HARDEN, R. M.; DAVIS, M. H. The continuum of problem-based learning. **Medical Teacher**, v. 20, p. 317-322, 1998.

HMELO, C. E.; FERRARI, M. The Problem-Based Learning Tutorial: Cultivating Higher Order Thinking Skills. **Journal for the Education of the Gifted**. v. 20, n. 4, p. 401-422, 1997.

HUNG W.; JONASSEN, D. H.; LIU, R. Problem-Based Learning. *In: SPECTOR et al. Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. Abingdon: Routledge, 2008. p. 485-506.

JATMIKO, B.; PRAHANI, B. K.; SUPARDI, M. Z. A. I.; WICAKSONO, I.; ERLINA, N.; PANDIANGAN, P.; ALTHAF, R.; ZAINUDDIN. The comparison of or- ipa teaching model and problem based learning model effectiveness to improve critical thinking skills of pre-service physics teachers. **Journal of Baltic Science Education**, v. 17, n. 2, p. 300-319, 2018.

MAGALHÃES, P. P.; ZULIANI, S. R. Q. A. Contribuições das Sequências de Ensino Investigativas (SEI) aos Alunos de Medicina em Imersão na PBL. **Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 16, n. 36, p. 23-39, 2020.

MARTÍNEZ, M. S.; AVALOS, M. G.; MORA, C. Problemas en contexto para la enseñanza de conversiones de unidades en estudiantes universitarios. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 13, n. 3, 3303, set. 2019.

MENEZES, L. C. Novo (?) método (?) para ensinar (?) Física (?). **Cambridge Journal of Education**, v. 7, 180-187 (1977). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol02a19.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.

MORALES-GARCÍA, F. A. Aplicación de un método educativo interactivo para mejorar el dominio conceptual de la Estática entre estudiantes de Ingeniería en el IPN de México. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 10, n. 1, 1410, mar. 2016.

MORGADO, S.; LEITE, L.; DOURADO, L. FERNANDES, C.; SILVA, E. Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas e ensino tradicional: um estudo centrado em “transformação de matéria e de energia”. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 73-97, mai-ago 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172016180204>. Acesso em: 1 jul. 2023.

MUNDILARTO; ISMOYO, H. Effect of problem-based learning on improvement physics achievement and critical thinking of senior high school student. **Journal of Baltic Science Education**, v. 16, n. 5, p. 761-780, 2017.

MUSALAMANI, W.; YASIN, R. M.; OSMAN, K. Comparison of school based-cooperative problem based learning (SB-CPBL) and conventional teaching on students' attitudes towards science. **Journal of Baltic Science Education**, v. 20, n. 2, p. 261-276, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.261>. Acesso em: 1 jul. 2023.

PEROZINI, R.; PASSOS, M. L. S.; BRAVO, R. G.; NOBRE, I. A. M. Uso de Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino de Física no ensino de jovens e adultos. **Sala de aula em foco**, v. 8, n. 2, p. 98-112, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.36524/saladeaula.v8i2.607>. Acesso em: 26 jan. 2024.

PORLÁN, R.; MARTÍN, J. **El diario del professor**: Un recurso para la investigación en el aula. Sevilla: Díada Editora, 1997.

RIBEIRO, B. S.; PIGOSSO, L. T.; PASTORIO, D. P. Implementação de metodologias ativas de ensino em uma turma de física básica: um estudo de caso. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, n. 2, p. 31-45, 2019.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL)**: uma experiência no ensino superior. São Carlos: EdUFSCar, 2008.

SALVADOR, D. F.; ROLANDO, L. G. R.; OLIVEIRA, D. B.; VASCONCELLOS, R. F. R. R. Aplicando os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas como modelo instrucional no contexto de uma feira de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 292-317, 2014. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen13/REEC_13_3_3_ex839.pdf. Acesso em: 1 jul. 2023.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11 n. 1, p. 83-89, jan. 2007.

SERVANT, V. F. C. **Revolutions and Re-iterations**: An Intellectual History of Problem-based Learning. 2016. Tese (Doutorado) - Erasmus Universiteit Rotterdam, Netherlands.

SIEW, N. M.; CHIN, M. K. Design, development and evaluation of a problem-based with cooperative module on scientific creativity of preschoolers. **Journal of Baltic Science Education**, v. 17, n. 2, p. 215-228, 2018.

SIEW, N. M.; CHIN, M. K.; SOMBULING, A. The effects of problem based learning with cooperative learning on preschoolers' scientific creativity. **Journal of Baltic Science Education**, v. 16, n. 1, p. 100-112, 2017.

SIEW, N. M.; CHONG, C. L.; LEE, B. N. Fostering fifth graders' scientific creativity through problem-based learning. **Journal of Baltic Science Education**, v. 14, n. 5, p. 655-669, 2015.

SIEW, N. M.; MAPEALA, R. The effects of problem-based learning with thinking maps on fifth graders' science critical thinking. **Journal of Baltic Science Education**, v. 15, n. 5, p. 602-616, 2016.

SIEW, N. M.; MAPEALA, R. The effects of thinking maps-aided problem-based learning on motivation towards science learning among fifth graders. **Journal of Baltic Science Education**, v. 16, n. 3, p. 379-394, 2017.

SILVA, D. C. M.; PASTORIO, D. P.; LOPES, E. S. O uso de metodologias ativas para o ensino das Leis de Newton: experiências da residência pedagógica. **Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 11, n. 1, 2022. DOI: 10.35819/tear.v11.n1.a5767. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/5767>. Acesso em: 26 jan. 2024.

SILVA, F. C.; CARVALHO, A. C. S. A.; LIGABO, M.; RODRIGUES JR., D.; RODRIGUES, R. C. L. B. Proposta para Implementar Avaliação Formativa no Ensino Médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, e20026, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1516-731320200026>> Acesso em: 1 jul. 2023.

SILVA, P. P. S.; KALHIL, J. B. Uma discussão sobre a utilização da Problem Based Learning (PBL) no ensino da Física para o nível médio. **Latin American Journal of Science Education**, v. 2, n. 2, 2015. Disponível em: https://www.lajse.org/nov15/22072_Santos_2015.pdf. Acesso em: 1 jul. 2023.

SU, K-D. Implementation of innovative artificial intelligence cognitions with problem-based learning guided tasks to enhance students' performance in science. **Journal of Baltic Science Education**, v. 21, n. 2, p. 245-257, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.245>. Acesso em: 1 jul. 2023.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TARHAN, L.; ACAR-SESEN, B. Problem based learning in acids and bases: learning achievements and students' beliefs. **Journal of Baltic Science Education**, v. 12, n. 5, p. 565-578, 2013.

VASCONCELOS, C.; AMADOR, M. F.; SOARES, R. B.; PINTO, T. F. Questionar, investigar e resolver problemas: reconstruindo cenários geológicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 3, p. 709-720, 2012.

VASCONCELOS, V. I. R.; AMADO, M. V. Aprendizagem baseada na resolução de problemas no ensino fundamental: validação de um cenário socioambiental. *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*, v. 11, n. 1, p. 52-65, 2022. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1426>. Acesso em: 28 jul. 2023.

YIN, R. K. **Qualitative research from start to finish**. 2. ed. New York: Guilford Press, 2015.

ZABALA, A. **A prática educativa – como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZUZA, K.; ALMUDÍ, J-M.; LENIZ, A.; GUIASOLA, J. Addressing students' difficulties with Faraday's law: A guided problem solving approach. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 10, 010122, June 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010122>. Acesso em: 1 jul. 2023.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).