



A BIOTECNOLOGIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Biotechnology in the Training of Biology Teacher: A Systematic Review of the Literatures

Jairo Ribeiro de Lima¹

Francisco Herbert Lima Vasconcelos²

Maria Goretti de Vasconcelos Silva³

Resumo: Na área da Biotecnologia, várias descobertas orientaram avanços para a sociedade por meio do uso do conhecimento científico e tecnológico. Seus bens e serviços fazem parte do cotidiano de toda a população em geral. Não obstante, a introdução de temáticas biotecnológicas nos espaços educacionais perpassa a formação docente. Nessa perspectiva, o presente artigo teve como objetivo investigar o cenário das pesquisas nacionais e internacionais em relação à inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia. Para tanto, desenvolveu-se uma pesquisa de natureza mista, utilizando os pressupostos da pesquisa bibliográfica do tipo Revisão Sistemática de Literatura (RSL), de cunho secundário, com protocolos de busca bem definidos e questões norteadoras. Os dados foram obtidos por meio das bases de dados Google Acadêmico, Periódicos CAPES, SciELO, Arca, ERIC, ACM, Scopus e ScienceDirect publicados nos últimos dez anos (2012-2022). A análise quantitativa demonstrou que há uma carência de estudos que contemplem a temática, entretanto, há uma tendência de crescimento no número de pesquisas na última década. A análise qualitativa revelou que os estudos são incipientes quanto à abordagem de tópicos biotecnológicos direcionados à formação docente. Portanto, os resultados apontam para a necessidade de investimentos em pesquisas que promovam um debate mais centralizado entre a formação docente e o Ensino de Biotecnologia na Educação Básica.

Palavras-chave: Biotecnologia. Ensino de Biotecnologia. Formação de professores. Biologia.

Abstract: In the area of Biotechnology, several discoveries have guided advances for society using scientific and technological knowledge. Its goods and services are part of the everyday

¹ Doutorando em Ensino pelo Programa de Pós-graduação em Ensino da Universidade Federal do Ceará e Rede Nordeste de Ensino (RENOEN), na linha de pesquisa Práticas Pedagógicas no Ensino de Ciências e Matemática. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5826-6192>. Contato: jairolima@alu.ufc.br.

² Doutor em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor da Universidade Federal do Ceará (UFC) no Doutorado em Ensino da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) e nos Mestrados em Ensino de Ciências e Matemática, Ciência da Informática e Tecnologia Educacional. Atualmente é Secretário de Educação do município de Sobral (CE). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4896-9024>. Contato: herbert@virtual.ufc.br.

³ Doutora em Química Orgânica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professora titular do departamento de Química Analítica e Físico-Química da Universidade Federal do Ceará (UFC). Atualmente é coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ensino da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) na Universidade Federal do Ceará (UFC). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7062-4834>. Contato: mgsilva@ufc.br.

life of the entire population in general. Nevertheless, the introduction of biotechnological themes in educational spaces goes through the formation of teachers. In this perspective, the objective of the present paper was to investigate the scenario of national and international research regarding the insertion of Biotechnology in the formation of Biology teachers. To this end, mixed research was developed, using the assumptions of bibliographic research of the Systematic Literature Review (SLR) type, of secondary nature, with well-defined search protocols and guiding questions. Data were obtained from Google Academic, CAPES Periodicals, SciELO, Arca, ERIC, ACM, Scopus, and ScienceDirect databases published in the last ten years (2012-2022). The quantitative analysis showed that there is a lack of studies that contemplate the theme, however, there is a growing trend in the number of research in the last decade. The qualitative analysis revealed that the research is incipient regarding the approach of biotechnological topics directed to teacher education. Therefore, the results point to the need for investment in research that promotes a more centralized debate between Teaching of Biotechnology in Basic Education.

Keywords: Biotechnology. Teaching Biotechnology. Teacher education. Biology.

1 Introdução

A história contemporânea tem testemunhado as contribuições do desenvolvimento científico-tecnológico e seus impactos no progresso da Humanidade (CODO, 2007). Na área da Biotecnologia, várias descobertas orientaram avanços para a sociedade por meio do uso do conhecimento científico e tecnológico. Percebe-se que, progressivamente, o domínio biotecnológico tem se expandido e se consolidado como um novo eixo temático das inúmeras tendências apontadas para o século XXI (PEDROSA; COSTA, 2020).

Tomada como um campo de estudo multidisciplinar, a Biotecnologia estabelece a associação direta entre ciência e tecnologia ao utilizar organismos vivos e seus derivados na implementação de produtos e processos para fins específicos. Seus bens e serviços fazem parte do cotidiano de toda a população em geral. Incluem-se na bioeconomia, na produção de biocombustíveis, na biorremediação de poluentes, na produção de vacinas e medicamentos e em muitas outras aplicações, impactando os setores energético, industrial, ambiental, agrícola, pecuarista, alimentício e da saúde (MALAJOVICH, 2016).

Porquanto, a inserção de temáticas biotecnológicas nos meandros sociais, nos quais os espaços educacionais se incluem e têm o dever de promover discussões profundas, perpassa a formação docente. O professor de Biologia, nesse ponto específico, tem um importante papel no desenvolvimento crítico e intelectual dos estudantes frente às questões que se apresentam na atualidade. Nessa perspectiva, a análise de fenômenos biotecnológicos diminui o hiato entre a escola, as pesquisas científicas e a produção tecnológica e industrial da hodiernidade (KRASILCHIK, 2019).

De acordo com Núñez e Ramalho (2020), investir na formação do docente de Biologia para o ensino de Biotecnologia é subsidiar o preparo dos alunos para conviver com as céleres mudanças científicas e tecnológicas e criticamente refletir sobre suas implicações para a sociedade. Os aspectos que configuram a natureza da ciência, bem como seus procedimentos, malefícios e benefícios, devem ser considerados. Da mesma forma deve ser o reconhecimento do caráter histórico, cultural, político e dinâmico do conhecimento científico, uma vez que este é sujeito a alterações e reformulações.

Nesse aspecto, a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores (BNC-Formação) estabelece, na Competência Geral oito, orientações que se aplicam, também, às questões biotecnológicas (BRASIL, 2019). Esta última indica que é atributo do docente “desenvolver argumentos com base em fatos, dados e informações científicas para formular, negociar e defender ideias” (BRASIL, 2019, p. 13). O documento ainda afirma que tais ideias devem estar em consonância com os direitos humanos, a conscientização socioambiental e a prática de consumo sustentável, além de considerar as esferas local, regional e global.

Na mesma direção aponta a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no desenvolvimento da Competência Específica três, da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio (BRASIL, 2019). A normativa estabelece que o estudante deve ser capaz de “investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens das Ciências da Natureza” (BRASIL, 2019, p. 558). Para isso, o professor – sobretudo o de Biologia – precisa mobilizar, também, os conhecimentos conceituais relacionados à Biotecnologia.

Desta forma, repensar a formação docente a partir das demandas atuais, principalmente as que envolvem ciência e tecnologia, tem se revelado uma necessidade imperiosa para a construção crítica cidadã dos sujeitos em contexto escolar. Diante dessa conjectura, a questão central que norteia esta pesquisa é: qual o estado da arte quanto à inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia?

Para responder a esse questionamento, e diante da importância da temática para o Ensino de Biologia, percebeu-se a necessidade de organizar uma pesquisa no formato de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Buscou-se, então, trabalhos publicados nos últimos dez anos em bases de dados científicas nacionais e internacionais com a intenção de lançar luz à formação inicial e continuada de professores de Biologia.

Dentro dessa perspectiva, este trabalho teve como objetivo investigar o cenário das pesquisas nacionais e internacionais em relação à inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia, averiguando-se a contemplação e o enfoque teórico-metodológico dado aos tópicos biotecnológicos nos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas e de formação contínua.

Desse modo, a presente RSL justifica-se por reunir trabalhos que estabelecem as relações entre a Biotecnologia e a formação docente em Biologia, bem como suas contribuições e fragilidades, tendo em vista que, de acordo com Malajovich (2016), o ensino de Biotecnologia pode desenvolver nos estudantes os elementos basilares de uma cultura científico-tecnológica imprescindíveis para o entendimento das múltiplas crises da sociedade moderna – humanitária, pandêmica, econômica, alimentar, ecológica, climática, energética, entre outras.

Estruturalmente, este artigo foi organizado em sete seções, incluindo esta introdução. A próxima seção trará os trabalhos relacionados ao conteúdo da pesquisa a partir de revisões de literatura publicadas em bases de dados. A terceira seção abordará os fundamentos teóricos da temática em estudo. Em seguida, será demonstrada a arquitetura metodológica e sua caracterização. Na quinta seção, serão apresentados os resultados e a discussão. Por fim, esboçaremos as considerações finais e as perspectivas de trabalhos futuros.



2 Trabalhos relacionados

Alves e Costa (2020) realizaram uma revisão bibliográfica com a intenção de apresentar um panorama dos trabalhos brasileiros que abordam especificamente o ensino de Biotecnologia, dada a importância dessa ciência para a construção do pensamento crítico. Os autores concluíram que ainda há obstáculos a serem superados na inserção da temática nos espaços escolares e que se faz necessária a intervenção consistente dos professores de todos os níveis.

Bianchi (2012) mapeou, por meio de uma revisão sistemática no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, as pesquisas em Biotecnologia no Brasil com o objetivo de oferecer informação precisa sobre a capacidade de pesquisa nessa área. Os resultados apontaram um número pequeno de grupos de estudo que se destinam ao assunto, tendo em vista a especificidade metodológica da investigação e as informações divulgadas em documentos oficiais. Cabe destacar que o trabalho não identificou grupos que se destinem à formação de professores de Biologia no campo biotecnológico.

Medeiros e Rondon (2018), por sua vez, esboçaram o panorama evolutivo da Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO) desde a sua criação, em 2005, até o período de 2015. Os autores elencaram aspectos gerais do programa, bem como evidenciaram a Biotecnologia como uma ciência muito promissora. O estudo demonstrou que a RENORBIO tem grande impacto nas pesquisas e no ensino de Biotecnologia, considerando a quantidade de docentes, doutores formados e patentes depositadas pelo programa.

Rosa e Almeida (2021) analisaram as formas de abordagem da Genética propostas para o Ensino Médio ou para a formação de professores através de uma revisão de literatura em bases de dados de eventos científicos. Vários trabalhos selecionados abordaram as questões biotecnológicas ao discutirem células-tronco, transgênicos, ácido desoxirribonucleico (DNA) e outras aplicações da genética. A formação de professores foi relacionada à perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e à construção de modelos didáticos.

Góes-Fávani (2017), em trabalho de revisão de literatura, esboça o cenário de desenvolvimento da Biotecnologia Moderna do surgimento da genética como ciência até o desenvolvimento da genômica. A autora apresenta discussões que destacam a necessidade de clarificação de bens e produtos biotecnológicos para a sociedade em geral. O estudo introduz alguns conceitos que poderão facilitar o entendimento do leitor quanto à presença e o valor da Biotecnologia para o progresso da Humanidade.

Isso posto, verificamos que os trabalhos citados anteriormente são de extrema importância para a inserção da Biotecnologia no cenário das pesquisas atuais, entretanto, não apresentam a formação de professores de Biologia para o ensino de Biotecnologia como foco de estudo. Nesse sentido, a presente Revisão Sistemática de Literatura poderá contribuir com a centralização desse debate, assim como, entrelaçar discussões pertinentes ao campo.

3 Fundamentos teóricos

A formação de professores é considerada por Ramalho e Nuñez (2014, p. 27) como um processo perene de “aquisição, estruturação e reestruturação de condutas, conhecimentos, habilidades, valores inerentes ao desenvolvimento de competências para o desempenho da docência”. Consequentemente, a prática docente integra diferentes saberes que se relacionam entre si no processo ensino-aprendizagem. O saber docente, por sua vez, é considerado por

4 Metodologia

A pesquisa, de natureza mista, utiliza os pressupostos teórico-metodológicos da pesquisa bibliográfica (COUTINHO, 2018). Para a análise do estado da arte quanto à inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia, utilizamos a Revisão Sistemática da Literatura como método de pesquisa, conforme o protocolo proposto por Kitchenham e Charters (2007).

De acordo com esse protocolo, o processo de revisão sistemática pode ser dividido em três etapas: planejamento, condução e produção de relatório. Na etapa de planejamento, é identificada a necessidade de realização de revisão, as questões de pesquisa são especificadas e o protocolo de busca é desenvolvido e avaliado. Já na etapa de condução, ocorre a seleção, extração e avaliação dos estudos por meio da aplicação de critérios de inclusão e exclusão, com objetivo de responder às questões de pesquisa. Na última etapa, os resultados obtidos na revisão são sintetizados e formatados em um relatório (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

4.1 Questões de Pesquisa

O objetivo desta RSL foi investigar o cenário das pesquisas nacionais e internacionais em relação à inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia. Nesse contexto, a questão central (QC) que norteou esta pesquisa foi a seguinte: qual o estado da arte quanto à inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia?

A partir da questão principal, foram elaboradas as seguintes questões primárias (QP):

- a) Questão Principal 1 (QP1): as pesquisas têm como objetivo a formação de professores para o ensino de Biotecnologia?
- b) Questão Principal 2 (QP2): os estudos ocorrem na formação docente inicial ou continuada?
- c) Questão Principal 3 (QP3): como a inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia tem sido avaliada pelas pesquisas?

Foram propostas, também, algumas questões secundárias (QS) com intuito de estabelecer um panorama da temática:

- a) Questão Secundária 1 (QS1): quais temáticas biotecnológicas foram contempladas nas pesquisas?
- b) Questão Secundária 2 (QS2): houve aumento significativo de estudos sobre o tema nos últimos anos?
- c) Questão Secundária 3 (QS3): em quais países as pesquisas foram desenvolvidas?

4.2 Estratégias de Busca

Duas estratégias de busca foram consideradas para esta revisão: a primeira refere-se à definição das palavras-chave e à semântica da pesquisa, enquanto a segunda trata das bases científicas de dados digitais que serviram como fonte de pesquisa (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).



4.3 Palavras-chave

As palavras-chave que direcionaram a pesquisa e compuseram a *string* de busca foram: “Biotecnologia”, “Ensino de Biotecnologia”, “Formação de professores” e “Biologia”. Esses termos foram escolhidos por possuírem total alinhamento com a temática central desta RSL.

4.4 *String* de Busca

Para definição da *string* de busca, foram utilizados os termos “Biotecnologia”, “Ensino de Biotecnologia”, “Formação de professores e “Biologia”, além dos operadores lógicos “OR” e “AND”. Destaca-se que, para as bases de dados internacionais a *string* foi traduzida para a língua inglesa, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – *String* de busca automática utilizada em base de dados

Idioma	<i>String</i> de busca
Português	“(Biotecnologia OR Ensino de Biotecnologia)” AND “Formação de professores” AND “Biologia”
Inglês	“(Biotechnology OR Biotechnology Teaching)” AND “Teacher training” AND “Biology”

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

4.5 Bases de dados e processo de extração

O processo de busca dos estudos primários ocorreu em importantes bases de dados científicas em meio eletrônico, conforme o Quadro 2, reconhecidas amplamente pela comunidade acadêmica. Considerou-se exclusivamente a busca automática, validada inclusive por especialistas e pesquisadores das áreas de Educação, Biologia e Biotecnologia.

Foram incluídos artigos científicos em língua portuguesa publicados no período de 2012 a 2022 – ou seja, nos últimos 10 anos – na intenção de obter trabalhos que abordem os avanços biotecnológicos da última década na formação do docente de Biologia.

Quadro 2 – Bases de dados da pesquisa

Base de Dados	Endereço Eletrônico
Google Acadêmico	https://scholar.google.com.br/
Periódicos CAPES	https://www.periodicos.capes.gov.br
SciELO	https://www.scielo.br/
Arca	https://www.arca.fiocruz.br/
ERIC	https://www.eric.ed.gov
ACM	https://www.acm.org
Scopus (Elsevier)	https://www.elsevier.com
ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

4.6 Critérios de inclusão, exclusão e qualidade

Para incorporação dos estudos, foram estabelecidos critérios de inclusão, exclusão e qualidade (quadros 3 e 4) com o intuito de selecionar especificamente os artigos relacionados às questões da pesquisa (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Inicialmente, foi realizada a



leitura dos títulos e resumos dos artigos; em seguida, fez-se uso do *software* Parsifal⁴ para organização, identificação de trabalhos publicados e aplicação de critérios de inclusão e exclusão.

Quadro 3 – Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão (I)
(I1) Artigos completos publicados em periódicos ou revistas científicas revisadas por especialistas da área;
(I2) Estudos publicados nos últimos 10 anos;
(I3) Publicações que versem sobre a Biotecnologia na formação de professores de Biologia.
Critérios de Exclusão (E)
(E1) Estudos não revisados por especialistas (<i>peer review</i>) e que não estejam alinhados com os objetivos da pesquisa;
(E2) Publicações em anais de eventos científicos (congressos, conferências, encontros, seminários, simpósios, workshop, entre outros), bem como teses e dissertações;
(E3) Artigos em idioma diferente do português e do inglês.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Quadro 4 – Critérios de Qualidade

Critérios de Qualidade (Q)
(Q1) O estudo baseia-se em pesquisas empíricas (ou é apenas um relatório de experiência baseado na opinião de especialistas)?
(Q2) Os objetivos da pesquisa são claramente definidos?
(Q3) Existe uma descrição adequada do contexto em que a pesquisa foi efetuada?
(Q4) A concepção da pesquisa foi adequada para responder aos objetivos da investigação?
(Q5) A estratégia de recrutamento de dados foi adequada aos objetivos da pesquisa?
(Q6) Havia um grupo de controle com o qual pudesse comparar os tratamentos?
(Q7) Os dados foram recolhidos de forma que abordassem o problema da pesquisa?
(Q8) A análise dos dados foi suficientemente rigorosa?
(Q9) A relação entre o investigador e os participantes foi considerada adequada?
(Q10) As conclusões são apresentadas de forma clara?
(Q11) O estudo tem valor para a investigação ou para a prática?

Fonte: Adaptado de Dybå e Dingsøyr (2008).

Posteriormente, para seleção final dos artigos, foram aplicados os critérios de qualidade (Quadro 4), de acordo com Dybå e Dingsøyr (2008). Utilizou-se, na avaliação de qualidade dos estudos, a escala Likert com quatro pontos de gradação: 3 – Concordo Fortemente; 2 – Concordo Parcialmente; 1 – Discordo parcialmente; e 0 – Discordo Fortemente.

5 Resultados e discussão

Empregando-se os procedimentos metodológicos estabelecidos na seção anterior, foram efetuadas a busca e seleção dos estudos no intuito de responder às questões de pesquisa. A seguir, serão apresentados os resultados da condução da investigação, assim como a análise quantitativa e qualitativa dos resultados.

5.1 Resultados da condução da pesquisa

Após aplicação da estratégia metodológica para a realização da RSL, em busca de identificar estudos potencialmente elegíveis, foram considerados exclusivamente artigos

⁴ Para mais detalhes, acesse <https://parsif.al/>.



científicos em língua portuguesa e língua inglesa publicados entre os anos de 2012 e 2022 nas principais bases de dados. O Quadro 4 contém as fontes, o tipo de busca e os filtros utilizados.

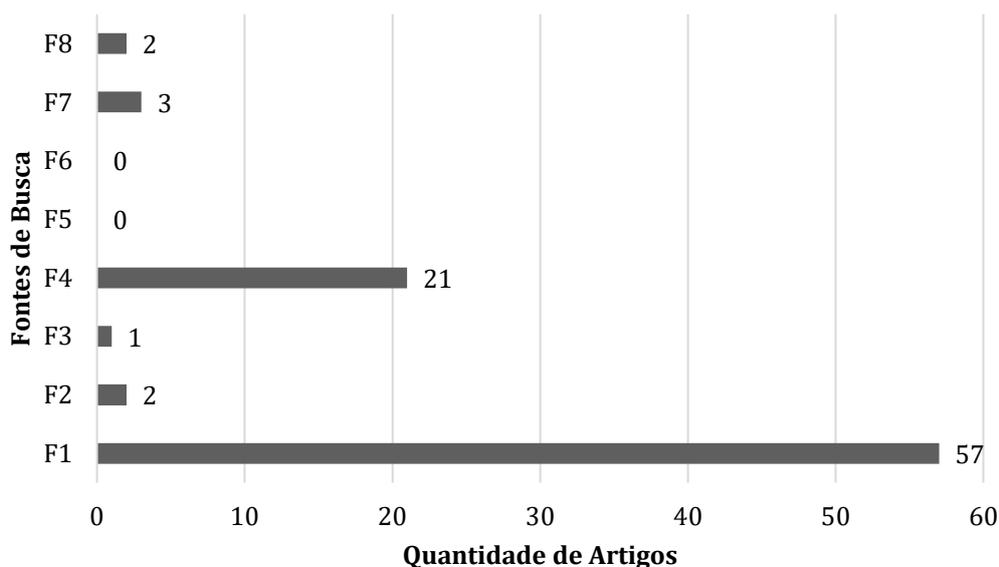
Quadro 4 – Fontes de publicação utilizadas nesta pesquisa

ID	Fonte	Tipo de Busca	Filtros
F1	Google Acadêmico	Automática	Período específico: 2012-2022.
F2	Periódicos CAPES	Automática	Tipo de recurso: Artigos; Data de criação: 2012-2022.
F3	SciELO	Automática	Ano de publicação: 2012-2022; Tipo de literatura: artigo.
F4	Arca	Automática	Data do documento: 2012-2022; Assunto: artigo.
F5	ERIC	Automática	Peer reviewed only; Custom range: 2012-2022
F6	ACM	Automática	Custom range: 2012-2022
F7	Scopus (Elsevier)	Automática	Year: 2012-2022
F8	ScienceDirect	Automática	Years: 2012-2022

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A busca pelos estudos foi realizada entre os dias 1 e 2 de novembro de 2022. O Gráfico 1 indica a quantidade de artigos obtidos por base de dados após a aplicação da *string* (F1 – 21, F2 – 2, F3 – 1, F4 – 21, F5 – 0, F6 – 0, F7 – 3 e F8 – 2). Inicialmente, obteve-se um total de 81 artigos.

Gráfico 1 – Quantidade de artigos por fonte de busca



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

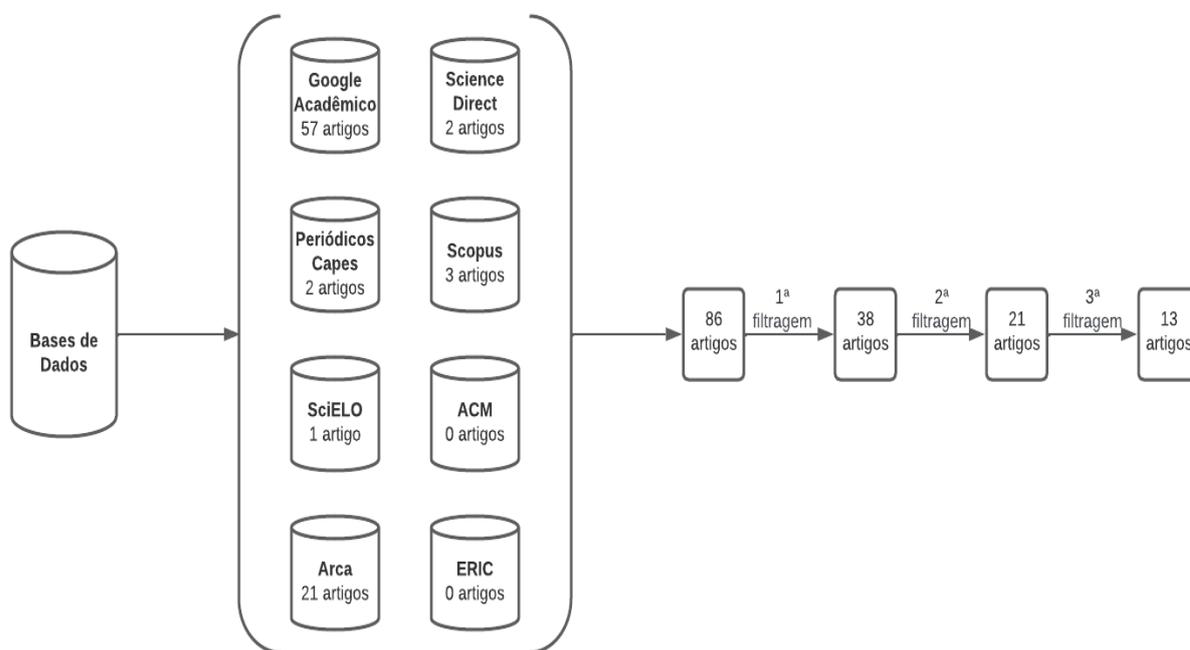
Em continuidade, foi realizada a seleção dos estudos para compor a RSL a partir de três etapas de filtragem. A primeira consistiu na leitura dos títulos e resumos dos 86 artigos



encontrados inicialmente e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão (Quadro 3), reduzindo o montante, após isso, para 38 artigos. Na segunda etapa de filtragem, foi realizada a leitura da introdução, metodologia e conclusão dos artigos selecionados na primeira etapa, o que resultou na seleção de 21 artigos.

Para a terceira e última etapa de filtragem, foi aplicado o critério de qualidade (Quadro 4) por meio da avaliação de cada artigo. Foram considerados, na incorporação final, os artigos que obtiveram nota igual ou superior a 22 pontos. Portanto, foram selecionados 13 artigos para análise, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da seleção de artigos



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os estudos selecionados foram lidos na íntegra e organizados por identificadores (A1, A2, A3 etc.), título, autores, ano de publicação e link, em conformidade com o Quadro 5. Os artigos são oriundos das seguintes bases de dados: Google Acadêmico – A3, A4, A5, A8, A9 e A10; Periódicos Capes – A6; Arca: A1, A2 e A7; Scopus – A11 e A12; e ScienceDirect – A13. O trabalho detectado na base SciELO não atendeu aos critérios de seleção e as bases ACM e ERIC não forneceram resultados.

Quadro 5 – Lista de artigos selecionados

ID	Título	Autores	Ano	Link
A1	Material didático para o ensino de Imunologia a indivíduos com necessidades educacionais especiais na perspectiva da surdez	TORRES, E. M. dos S. <i>et al.</i>	2014	https://periodicos.uff.br/revistaleph/article/view/38941
A2	Comunidade virtual de aprendizagem para professores de Biologia – avaliação da utilização e desafios	SALVADOR, D. F. <i>et al.</i>	2017	http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_artte



				xt&pid=S1850-66662017000100002
A3	Ensino de Biotecnologia: o conhecimento docente e abordagem na perspectiva do Exame Nacional do Ensino Médio	PINHEIRO, J. P. S. <i>et al.</i>	2017	https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/8361
A4	“Extração de DNA de Cebola (<i>Allium cepa</i>)” por alunos de uma escola estadual de Teresina-PI como complemento no Ensino de Genética	SILVA, J. S. da	2018	https://semanaacademica.com.br/taxonomy/term/8160/all
A5	Ferramentas de Bioinformática aplicadas ao ensino da Biotecnologia	NASCIMENTO, Y. A. P. do.; SARAIVA, L. F. M.	2019	http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/819
A6	Formação continuada e atividade profissional: mapeamento das premências apontadas pelos professores de Ciências e Biologia	SANTIAGO, G. <i>et al.</i>	2019	http://revistas.uri.br/index.php/vivencias/article/view/19
A7	Desenvolvimento e validação do jogo <i>Imuno Alvo</i> como metodologia ativa para o ensino de Imunologia	DAMASCENO, K. A. <i>et al.</i>	2020	https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ACIS/article/view/2317
A8	As ementas e os recursos didáticos empregados no ensino sobre tecnologia do DNA recombinante em um curso de licenciatura em Ciências Biológicas	OLIVEIRA, A. C. da C.; SILVA, F. V.	2021	https://www.redalyc.org/journal/1295/129568722018/129568722018.pdf
A9	Dialogando sobre Biotecnologias em Timbiras (MA): Relato de experiência extensionista	SILVA, J. F. de S. <i>et al.</i>	2022	https://revistas.ufpi.br/index.php/parfor/article/view/13512
A10	Ensino da Biotecnologia a partir do Enfoque CTSA: Problematização sobre o uso e o descarte de medicamentos	SACANDELARI, M. F. R. <i>et al.</i>	2021	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8076156
A11	Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education	FONSECA, M. J. <i>et al.</i>	2012	https://doi.org/10.1016/j.tat.2011.11.007
A12	Making authentic Science accessible-the benefits and challenges of integrating bioinformatics into a high-school science curriculum	MACHLUF, Y. <i>et al.</i>	2017	https://doi-org.ez11.periodicos.capes.gov.br/10.1093/bib/bbv111
A13	Effects of instruction supported by web 2.0 tools on prospective teachers' biotechnology literacy	FIRAT, E. A.; KÖKSAL, M. S.	2019	https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.018

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

5.2 Análise quantitativa dos estudos

A análise quantitativa dos estudos foi orientada pelas Questões Secundárias da RSL. Buscou-se identificar as temáticas biotecnológicas contempladas nas pesquisas, os anos em que foram observados um maior número de publicações que tratam da Biotecnologia na formação de professores de Biologia e, por fim, as regiões brasileiras em que os estudos selecionados foram desenvolvidos.

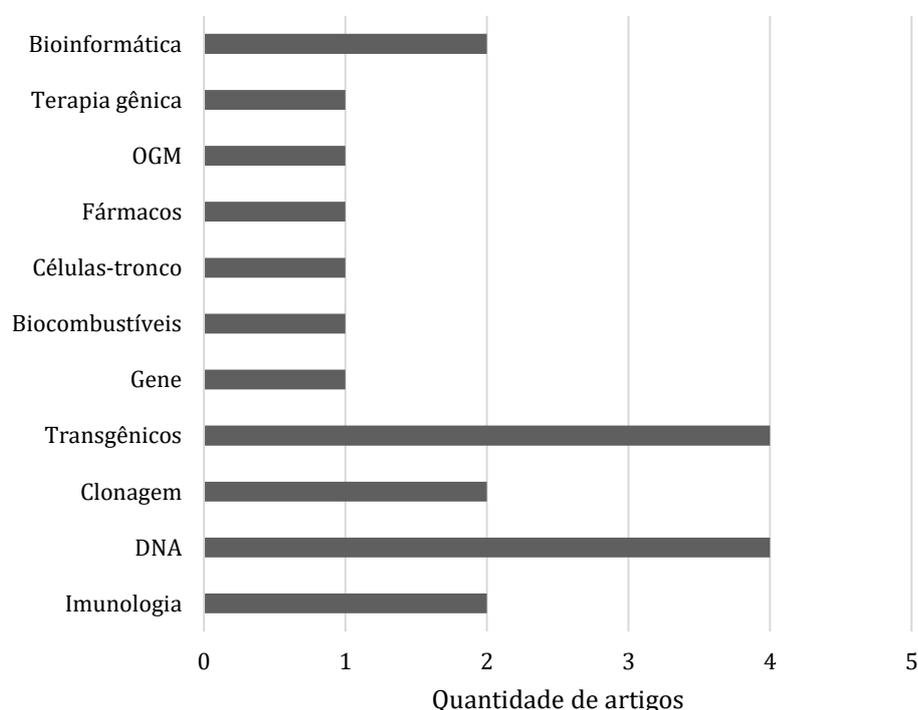
a) QS1: quais temáticas biotecnológicas foram contempladas nas pesquisas?

As temáticas biotecnológicas observadas nos estudos foram: produção de Fármacos e suas implicações na sociedade e no ambiente, Células-tronco, Biocombustíveis, Gene, Transgênicos, Clonagem, DNA, Imunologia aplicada à Biotecnologia, e Bioinformática à serviço da Biotecnologia. O Gráfico 2 revela a frequência de abordagem dos temas nos artigos.



As questões relacionadas ao DNA (A3, A4, A8 e A9), sobretudo a técnica do DNA recombinante e aos transgênicos (A2, A3, A9 e A11), foram as mais contempladas nos estudos. Em seguida, o tópico clonagem e seus impactos na sociedade (A9 e A11), Bioinformática à serviço da Biotecnologia (A5 e A12) e, por fim, as aplicações da Biotecnologia na Imunologia (A1 e A7). Notou-se, todavia, que alguns trabalhos abordaram mais de uma temática biotecnológica (A2, A3, A5, A6, A9 e A11). Em consonância com Krasilchik (2019), as temáticas biotecnológicas são de grande importância no contexto atual da sociedade, pois permitem a discussão de problemas e desafios em diversas áreas, tais como saúde, energia, agricultura, indústria e ambiente.

Gráfico 2 – Frequência de abordagem das temáticas biotecnológicas nos estudos



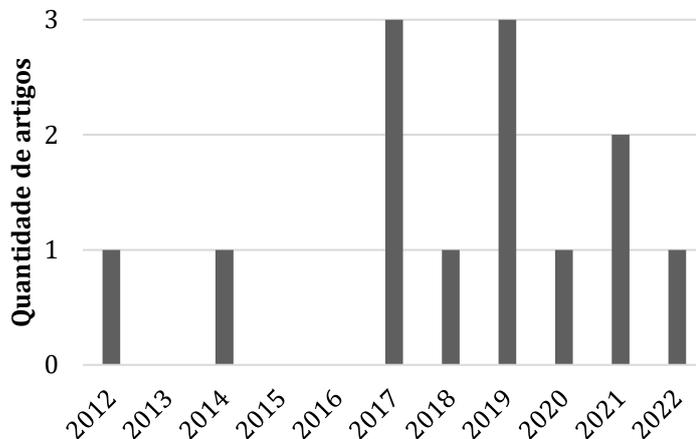
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

b) QS2: houve aumento significativo de estudos sobre o tema nos últimos anos?

Nos anos 2013, 2015 e 2016, não foram identificadas publicações de artigos. Em 2014, 2018, 2020 e 2022, houve a publicação de um trabalho por ano (A1, A4, A7 e A9); em 2021 foram localizados dois trabalhos (A8 e A10); e em 2017 e 2019 foram detectadas três publicações em cada ano (A2, A3, A5, A6, A12, A13), de acordo com o Gráfico 3.



Gráfico 3 – Quantidade de artigos publicados por ano



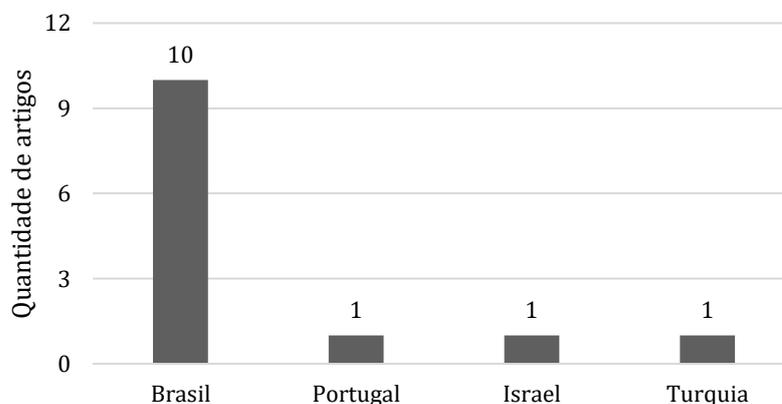
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Em conformidade com os dados obtidos, constata-se que há uma carência de estudos que posicionam a Biotecnologia na formação docente na última década, podendo ocasionar dificuldades em sua compreensão e aplicação em sala de aula por parte dos professores (MALAJOVICH, 2017). Entretanto, percebe-se que houve um relativo crescimento na quantidade de pesquisas a partir de 2017. Esta observação sugere uma tendência recente das pesquisas no que concerne à publicação de estudos que discutam a Biotecnologia na formação inicial ou contínua de professores de Biologia, visto que, para Pedrosa e Costa (2020), a Biotecnologia é uma área de conhecimento relativamente nova e em constante evolução.

c) QS3: em quais países as pesquisas foram desenvolvidas?

Foram identificados estudos em quatro países: Brasil (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9 e A10); Portugal (A11), Israel (A12) e Turquia (A13), como mostra o Gráfico 4. Nota-se que a maioria das pesquisas localizadas nas bases de dados e que atenderam aos critérios de seleção foram desenvolvidas em âmbito nacional. Na região Nordeste, foram detectados quatro trabalhos (A3, A4, A5 e A9); na região Sudeste, também quatro artigos (A1, A2, A7 e A8); na região Sul, foram localizadas duas pesquisas (A6 e A10). Não foram encontradas publicações de artigos nas regiões Centro-Oeste e Norte.

Gráfico 4 – Distribuição das pesquisas por países



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Dessa forma, na esfera nacional, as regiões Nordeste e Sudeste foram as que apresentaram mais estudos que versam sobre as temáticas biotecnológicas na formação do docente de Biologia. Observou-se, ainda, que todos os estudos identificados na região Sudeste foram desenvolvidos no estado do Rio de Janeiro, no domínio, inclusive, da Fundação Oswaldo Cruz (A1, A2, A7 e A8).

5.3 Análise qualitativa dos estudos

A análise qualitativa dos estudos foi norteada pelas Questões Principais da pesquisa. Buscou-se identificar se os trabalhos objetivam a formação de professores de Biologia para o ensino de Biotecnologia, assim como, verificar se os estudos ocorrem na formação inicial ou continuada, e de que forma a inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia tem sido avaliada pelas pesquisas.

- a) QP1: as pesquisas têm como objetivo a formação de professores para o ensino de Biotecnologia?

O trabalho A1 teve como objetivo produzir materiais didáticos para o ensino de imunologia direcionados a indivíduos com necessidades educacionais especiais, no âmbito de uma Política de Educação Profissional do estado do Rio de Janeiro. O estudo A2 buscou apresentar uma experiência de 3 anos de uma comunidade virtual de aprendizagem direcionada à formação de professores de Biologia em temáticas biológicas, entre elas, a Biotecnologia. O objetivo da experiência A3 foi analisar como a Biotecnologia é abordada na prática docente de professores de Biologia, tendo como foco o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

O estudo realizado em A4, por seu turno, visou analisar as concepções dos alunos do Ensino Médio no que concerne à molécula de DNA e outros conceitos de Genética. O trabalho A5 objetivou apresentar uma proposta metodológica, com base em aulas práticas, para a abordagem de temáticas biotecnológicas. A pesquisa A6, considerando a formação de professores de Ciências e Biologia, se propôs a identificar as dificuldades dos docentes em relação à atividade profissional. A pesquisa A7 buscou desenvolver e validar uma ferramenta tecnológica para o ensino de Imunologia.

A pesquisa relatada em A8 investigou o tema DNA recombinante no currículo de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas, analisando ementário e propostas metodológicas e entrevistando alunos do curso. O trabalho A9 teve como objetivo apresentar as experiências de um projeto de extensão direcionado ao ensino de Biotecnologia para estudantes da educação básica de uma cidade do estado do Maranhão. A pesquisa A10, no contexto da Educação Básica, aborda a Biotecnologia com foco nas interfaces que se estabelecem entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente por meio de diferentes estratégias didáticas.

Em último bloco, o estudo A11 visou entender até que ponto o escasso movimento dos professores no ensino de Biotecnologia em nível médio sofre influência de suas crenças e restrições. A pesquisa A12 buscou avaliar e descrever um ambiente de aprendizagem intitulado “Bioinformática no serviço da Biotecnologia”. Por fim, o objetivo do estudo A13 foi determinar o efeito da instrução ancorada em ferramentas da *WEB 2.0* na alfabetização biotecnológica de futuros professores de ciências.

Assim, podemos inferir que, de forma geral, os estudos são incipientes quanto à abordagem de temáticas voltadas especificamente para a formação de professores de Biologia para o ensino de Biotecnologia. Constata-se, no entanto, que as pesquisas desenvolvidas internacionalmente (A11, A12 e A13) e as implementadas nacionalmente (A8, A9 e A10) foram

as que mais se aproximaram do cerne da discussão proposta por esta RSL. Esse cenário corrobora com a visão de Malajovich (2017) em relação às deficiências na formação de professores do Ensino Fundamental e Médio que, por consequência, encontram dificuldades em transmitir uma visão atualizada e sem preconceitos da Biotecnologia aos estudantes.

b) QP2: os estudos ocorrem na formação docente inicial ou continuada?

A formação relatada em A1 foi direcionada à prática de professores da Fundação de Apoio à Escola Técnica, vinculada à Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia do estado do Rio de Janeiro. O público-alvo da experiência A2 foram professores de Ciências e Biologia do Ensino Fundamental e do Ensino Médio do estado do Rio de Janeiro. O trabalho A3 foi desenvolvido com docentes do Ensino Médio provenientes de uma escola pública da cidade de Fortaleza (CE).

A experiência A4, por sua parte, foi realizada por professores e estudantes de um curso de licenciatura em Biologia de uma instituição de ensino do Piauí. O trabalho A5 foi realizado com estudantes matriculados na disciplina de Biotecnologia de um curso de graduação em Ciências Biológicas. O público-alvo do estudo A6 foram professores de Ciências e Biologia da cidade de Santa Maria (RS). A pesquisa A7 foi destinada a estudantes de graduação matriculados na disciplina de Imunologia em uma instituição de Ensino Superior do Rio de Janeiro.

No último bloco, os sujeitos da pesquisa A8 foram estudantes matriculados na disciplina de Projeto I de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. O trabalho A9 foi executado por alunos da graduação em Ciências Biológicas e participantes de um projeto de extensão universitária. A pesquisa A10 foi realizada por professores da Educação Básica pertencentes a um programa de mestrado profissional. Os participantes da pesquisa A11 foram docentes do Ensino Médio de Portugal. O trabalho A12 envolveu estudantes de escolas secundárias superiores de Israel. Por fim, o estudo A13 foi conduzido com professores em formação inicial em Ciências da Turquia.

Com esse levantamento, observou-se que a maioria dos estudos foi direcionada à formação continuada de professores de Ciências e Biologia (A1, A2, A3, A6, A10, A11). O trabalho A4 abrange as duas formações: inicial e contínua. Já as pesquisas A5, A7, A8, A9, A2 e A13 ocorrem, essencialmente, no âmbito de cursos de graduação em Ciências Biológicas. Constata-se, ainda, que os trabalhos são desenvolvidos, predominantemente, no Ensino Básico (A1, A2, A3, A4, A6, A9, A10, A11 e A12). Porém, os estudos A5, A7, A8 e A13 foram praticados no Ensino Superior. Seja na formação inicial ou continuada de professores de Biologia, é imperiosa a necessidade de inserção das biotecnologias no âmbito da Educação Básica, tendo em vista a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes. É impossível construir uma sociedade moderna se seus membros ignoram os aspectos mais amplos da ciência e da tecnologia e suas implicações socioambientais (MALAJOVICH, 2017).

c) QP3: como a inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia tem sido avaliada pelas pesquisas?

A pesquisa A1 considerou que o estudo auxiliou o processo de inclusão de pessoas surdas na escola, favoreceu a sensibilização e formação de professores quanto às temáticas da Imunologia e contribuiu para o desenvolvimento humano, social e científico dos estudantes da Educação Básica. O estudo A2 resultou na criação de uma comunidade de construção colaborativa do conhecimento voltado ao ensino de Biologia. O trabalho A3 constatou que, de acordo com os sujeitos do estudo, a Biotecnologia não é considerada ou incipiente na formação inicial de professores de Biologia.

Na mesma sequência, o estudo A4 apontou para a necessidade de utilização de atividades práticas, a exemplo da extração da molécula DNA, para estimular o aprendizado dos estudantes. A pesquisa A5, em face dos dados analisados e discutidos, inferiu que é preciso aprimorar o ensino de Biotecnologia na universidade com a utilização de metodologias inovadoras para o fortalecimento do processo ensino-aprendizagem. O trabalho A6 destacou que os resultados indicaram a Biotecnologia como a principal área de interesse para formação continuada dos professores de Biologia.

A experiência relatada em A7 apontou para a importância da utilização de jogos como estratégia para o tratamento das temáticas de Imunologia. A pesquisa A8, face às lacunas detectadas no curso de graduação em Ciências Biológicas em relação aos assuntos ligados a técnica do DNA Recombinante, recomendou a implementação de disciplinas eletivas que tratem de Genética Molecular e Engenharia Genética. A ação extensionista do trabalho A9 assinalou a relevância do debate entre Biotecnologia e Sociedade para a formação inicial dos estudantes envolvidos. A pesquisa considerada em A10 concluiu que a abordagem da Biotecnologia contribui para a formação dos professores e para a alfabetização científica dos estudantes.

Em último bloco, a pesquisa detalhada em A11 expôs que mesmo compreendendo a importância da Biotecnologia para o desenvolvimento da sociedade, os professores superestimam os obstáculos relativos à materiais e recursos para o ensino de Biotecnologia. O trabalho A12 indicou como positivo o envolvimento da Bioinformática para o ensino de tópicos biotecnológicos, porém, demarcou a necessidade de reformulação no currículo de ciências. Por fim, o estudo A13 assinalou a necessidade de alfabetização biotecnológica dos futuros docentes de Ciências, uma vez que, de acordo com os autores, as pessoas têm conhecimento inadequado de Biotecnologia.

Logo, infere-se que, direta ou indiretamente, as pesquisas evidenciaram o valor e as contribuições das biotecnologias para a formação inicial e contínua de professores de Biologia. Entretanto, é importante ressaltar que, conforme Malajovich (2017), uma das dificuldades a serem enfrentadas na implementação do ensino de Biotecnologia, em todos os níveis da educação, reside na estagnação e compartimentalização dos currículos dos cursos, resultando em déficit na formação dos professores.

6 Considerações finais

A presente Revisão Sistemática de Literatura se propôs a investigar o cenário das pesquisas nacionais e internacionais em relação à inserção da Biotecnologia na formação de professores de Biologia com intuito de identificar a contemplação e o enfoque teórico-metodológico dado às temáticas biotecnológicas nos cursos de formação docente. Para tanto, recorreu-se à metodologia de desenvolvimento de revisão sistemática proposta por Kitchenham e Charters (2007), o que resultou na seleção final de 13 artigos para análise.

A análise quantitativa dos estudos demonstrou que as temáticas biotecnológicas mais contempladas nas pesquisas foram relacionadas ao DNA, especialmente à técnica do DNA recombinante, e aos Transgênicos. Revelou ainda, que há uma carência de estudos que posicionem a Biotecnologia na formação docente, entretanto, na última década, houve uma tendência de crescimento no número de pesquisas, notadamente a partir de 2017. Os estudos foram identificados em quatro países: Brasil, Portugal, Israel e Turquia. As pesquisas realizadas no Brasil, em sua maioria, concentraram-se nas regiões Nordeste e Sudeste, principalmente no estado do Rio de Janeiro, no âmbito da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).

A análise qualitativa dos estudos revelou que, de forma geral, as pesquisas são incipientes quanto à abordagem de temáticas direcionadas especificamente à formação de professores de Biologia para o ensino de Biotecnologia, demonstrando, assim, a necessidade de investimentos em estudos nessa área. A maioria dos trabalhos foi voltada para a formação continuada de docentes. Direta ou indiretamente, todas as pesquisas evidenciaram a importância da inclusão da Biotecnologia na formação de professores de Biologia.

Destarte, pode-se observar que a relação entre a Biotecnologia e a formação de professores de Biologia ainda é pouco explorada em pesquisas nacionais e internacionais. No entanto, enfatizamos que os resultados desta revisão sistemática podem servir como base para pesquisas futuras, a fim de promover um debate mais centralizado entre a formação docente e o Ensino de Biotecnologia na Educação Básica.

Referências

ALVES, Leonardo Carvalho; COSTA, Heron Salazar. Ensino de Biotecnologia: um panorama de suas abordagens no país da biodiversidade. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 816-835, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/3669>. Acesso em: 04 out. 2022.

BIANCHI, Carlos. Grupos de pesquisa em Biotecnologia Moderna no Brasil: uma revisão sobre os fundamentos das políticas de CTI. **Revista Iberoamericana de Ciências, Tecnologia e Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 23-43, 2012. Disponível em: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1850-00132012000200003. Acesso em: 04 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio>. Acesso em: 01 out. 2022.

BRASIL. Resolução CNE/CP n. 2, de 20 de dezembro de 2019. **Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação)**, 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/file>. Acesso em: 03 out. 2022.

CODO, Sandra. **Cátedra Unesco discute a responsabilidade social dos cientistas**. 2007. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/noticias/catedra-unesco-discute-a-responsabilidade-social-dos-cientistas>. Acesso em: 03 out. 2022.

COUTINHO, Clara Pereira. **Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática**. 2 ed. Coimbra: Almedina, 2018.

DAMASCENTO, Karine Araujo *et al.* Desenvolvimento e validação do jogo Imuno Alvo como metodologia ativa para o ensino de Imunologia. **Atas de Ciências da Saúde**, v. 8, n. 4, p. 97-108, 2020. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ACIS/article/view/2317>. Acesso em: 02 nov. 2022.

DYBÅ, Tore; DINGSØYR, Torgeir. Empirical studies of agile software development: A systematic review. **Information and Software Technology**, v. 50, n. 9-10, p. 833-859, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584908000256>. Acesso em: 04 out. 2022.

FIRAT, Esra Açikgöl; KÖRSAL, Mustafa Serdar. Effects of instruction supported by web 2.0 tools on prospective teachers`biotechnology literacy. **Computers & Education**, v. 135, p. 61-74, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.018>. Acesso em: 02 nov. 2022.

FONSECA, Maria João *et al.* Disclosing biology teachers beliefs about biotechnology and biotechnology education. **Teaching and Teacher Education**, v. 28, n. 3, p. 368-381, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ttat.2011.11.007>. Acesso em: 02 nov. 2022.

GÓES-FAVONI, Silvana Pedrosa. Biotecnologia Moderna Parte 2: da genética à genômica revisão de literatura. **Revista Unimar Ciências**, Marília, v. 26, n.1, p. 64-80, 2017. Disponível em: <http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/515>. Acesso em: 04 out. 2022.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Department of Computer Science: Keele University and Durham University Joint Report, United Kingdom, 2007. Disponível em: https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf. Acesso em: 20 set. 2022.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2019.

MACHLUF, Yossy *et al.* Making authentic Science accessible-the benefits and challenges of integrating bioinformatics into a high-school science curriculum. **Briefings in Bioinformatics**, v. 18, n. 1, p. 145-159, 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez11.periodicos.capes.gov.br/10.1093/bib/bbv111>. Acesso em: 02 nov. 2022.

MALAJOVICH, Maria Antonia. **Biotecnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Axcel, 2016.

MALAJOVICH, Maria Antonia. **O Ensino de Biotecnologia**. Rio de Janeiro: Axcel, 2017.

MEDEIROS, Mario Luan Silva de Medeiros; RONDON, Josimara Nolasco. Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO): um panorama atual do programa. **Interações**, Campo Grande, v. 19, n. 1, p. 103-117, jan./mar., 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/fwJKsNMmkVy3C9n7tfMGw9x/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 04 out. 2022.

NASCIMENTO, Yandra Alzira Pereira do; SARAIVA, Luis Flávio Mendes. Ferramentas de Bioinformática aplicadas ao ensino de Biotecnologia. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 17, n. 1, p. 75-90, 2019. Disponível em: <http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/819>. Acesso em: 01 nov. 2022.

NUÑEZ, Isauro Beltrán; RAMALHO, Betania Leite. A Educação Científica no contexto do séc. XXI e o conhecimento disciplinar do professor para o ensinar Ciências Naturais no Ensino Fundamental. In: NUÑEZ, Isauro Beltrán; MELO, Magda Maria Pinheiro de (org). **Conhecimento disciplinar das Ciências Naturais de futuros professores do Ensino Fundamental**. Curitiba: Appris, 2020. p. 13-40.

OLIVEIRA, Anna Clara da Costa; SILVA, Flavia Venancio. As ementas e os recursos didáticos empregados no ensino sobre tecnologia do DNA recombinante em um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 23, e. 32931, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/1295/129568722018/129568722018.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PEDROSA, Stella Maria Peixoto de Azevedo; COSTA, Lucimar Ferreira. Biotecnologia, alfabetização científica e formação de professores face às urgências da educação contemporânea. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 10, n. 3, 2020. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/6563>. Acesso em: 03 out. 2022.

PIMENTA, Selma Garrido. Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo um significado a partir de experiências com a formação docente. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, set./dez., p. 521-539, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/9HMYtvM7bpRtzLv6XyvwBxw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 out. 2022.

PINHEIRO, João Paulo Silva. PANTOJA, Lydia Dayanne Maia; SALMITO-VANDERLEY, Carminda Sandra Brito. Ensino de Biotecnologia: o conhecimento docente e abordagem na perspectiva do exame nacional do ensino médio. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 12, n. esp., p. 776-792, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/8361>. Acesso em: 01 nov. 2022.

RAMALHO, Betania Leite; NUÑEZ, Isauro Beltrán (org.). **Formação, Representações e Saberes docentes**. Campinas: Mercado de Letras, 2014.

ROSA, Isabela Santos Correia; ALMEIDA, Rosiléia Oliveira de. O conteúdo de genética e as experiências didáticas relatadas na literatura: uma revisão sistemática dos trabalhos do ENPEC. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 14, n. 2, p. 245-270, 2021. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8147573>. Acesso em: 04 out. 2022.

SALVADOR, Daniel Fábio *et al.* Comunidade virtual de aprendizagem para professores de Biologia – avaliação da utilização e desafios. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 12, n. 1, p. 12-22, 2017. Disponível em: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662017000100002. Acesso em: 02 nov. 2022.

SANTIAGO, Gisele; MARQUES, Clandio Timm; CANTO-DOROW, Thais. Scotti do. Formação continuada e atividade profissional: mapeamento das premências apontadas pelos

professores de Ciências e Biologia. **Vivências**, v. 15. n. 28, p. 111-123, 2019. Disponível em: <http://revistas.uri.br/index.php/vivencias/article/view/19>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SCANDELARI, Maria Ferreira Rocha; ALVES, João Amadeus Pereira; ROEHRIG, Silmara Alessi Guebur. Ensino de Biotecnologia a partir do Enfoque CTSA: problematização sobre o uso e o descarte de medicamentos. **Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 93-115, 2021. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8076156>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SILVA, Junielson Soares da. “Extração de DNA de Cebola (*Allium cepa*)” por alunos de uma escola estadual de Teresina-PI como complemento no Ensino de Genética. **Revista Científica Semana Acadêmica**. 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/taxonomy/term/8160/all>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SILVA, José Francisco de Sousa *et al.* Dialogando sobre Biotecnologias em Timbiras (MA): Relato de experiência extensionista. **Revista do Programa Nacional de Formação de Professores da Educação Básica**, v. 10, n. 2, p. 23-31, 2022. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/parfor/article/view/13512>. Acesso em: 01 nov. 2022.

TARDIF, Maurice. **Saberes Docentes e Formação Profissional**. Petrópoles: Vozes, 2014. Disponível em:

TORRES, Elenilde Maria dos Santos *et al.* Material didático para o ensino de imunologia a indivíduos com necessidades educacionais especiais na perspectiva da surdez. **Revista Aleph**, n. 21, p. 55-67, 2014. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/revistaleph/article/view/38941>. Acesso em: 02 nov. 2022.

Recebido em dezembro de 2022.

Aprovado em junho de 2023.