


**MAPEANDO A PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM ENSINO DE GENÉTICA:  
ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DE CONTEÚDO DAS PUBLICAÇÕES  
INDEXADAS NA BASE WEB OF SCIENCE**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n5-439>

**Data de submissão:** 12/04/2025

**Data de publicação:** 12/05/2025

**Caio César Marques de Oliveira**

Licenciado em Ciências Biológicas, Instituto Federal de Brasília, membro do Laboratório de Realidade Integrada (LARI)

E-mail: [caioc.m.oliveira@gmail.com](mailto:caioc.m.oliveira@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2592-2613>

**Mayara Lustosa de Oliveira Barbosa**

Doutora em Biologia Celular e Estrutural pela Unicamp, Pós-Doutorado em Educação pela Universidade de Valência na Espanha.

Instituto Federal de Brasília, Laboratório de Realidade Integrada (LARI)

E-mail: [mayara.barbosa@ifb.edu.br](mailto:mayara.barbosa@ifb.edu.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3356-0998>

**Rodrigo Morency Arouca Barbosa**

Doutorando em Administração pela Universidade de Brasília em Cotutela com a Universidade Politécnica de Valência na Espanha.

Instituto Federal de Brasília, Laboratório de Realidade Integrada (LARI)

E-mail: [rodrigo\\_morency@yahoo.com.br](mailto:rodrigo_morency@yahoo.com.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6127-5057>

---

## RESUMO

Diversas pesquisas têm evidenciado as dificuldades no ensino e na aprendizagem de genética. Para subsidiar metodologias de ensino mais eficazes e orientar futuras investigações, este estudo realizou uma análise bibliométrica da produção científica sobre ensino de genética indexada na Web of Science (WOS). Também foi conduzida uma análise de conteúdo, com base em Bardin (2011), para categorizar os temas predominantes nos artigos mais citados da última década, possibilitando a identificação de possíveis lacunas e tendências na área. Foram identificados 1.763 documentos, publicados em 632 fontes distintas. As publicações, datadas de 1905 a 2025, foram analisadas com o software RStudio, que permitiu mapear principais autores, afiliações, países, periódicos, artigos de maior impacto, em termos de citações, além de redes de cocitação e colaboração. Na análise de conteúdo, 22 artigos foram selecionados na pré-análise, resultando em cinco categorias, resumidas a seguir: (1) questões socio científicas, (2) metodologias ativas e tecnologias, (3) mapas conceituais e inventários, (4) análises de livros e currículos, e (5) modelos de alfabetização genética. Os resultados oferecem uma visão da evolução da educação genética, destacando temas atuais, grupos de pesquisa proeminentes, tópicos de tendência recentes e lacunas que podem ser exploradas por novas pesquisas e práticas docentes.

**Palavras-chave:** Ensino de genética. Bibliometria. Análise de conteúdo.

## 1 INTRODUÇÃO

Vários estudos têm demonstrado a importância do ensino de genética para o letramento científico, a fim de munir o estudante com competências e habilidades que possibilitem discernimento e reflexão crítica quanto às aplicações dessa área no que tange à sua vida pessoal e à sociedade como um todo (GOLBACH, 2006; CASAGRANDE, 2006; PEREIRA, 2019). Isso se torna ainda mais evidente levando em consideração o contexto pandêmico causado pela COVID-19, onde conceitos como DNA, RNA, mutação e diversos outros têm sido veiculados constantemente nos noticiários.

No entanto, a grande demanda de elementos conceituais somados à incapacidade de abstração e às dificuldades em fazer associações interdisciplinares por parte dos estudantes são os principais obstáculos apontados no aprendizado de genética (CASAGRANDE, 2006; FABRÍCIO, 2006; CATARINACHO, 2011). Outros estudos também apontam para as dificuldades enfrentadas por alunos e docentes nos processos de ensino e aprendizagem de genética, resultantes do volume de informações gerado pelas pesquisas, assim como da própria complexidade inerente ao tema (SANTOS *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Tendo em vista o exposto, é imprescindível que o docente esteja munido de ferramentas metodológicas que ofereçam estratégias de ensino, com evidência comprovada (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Segundo Silva (2012), a utilização de recursos didáticos bem elaborados é uma importante ferramenta para facilitar a aprendizagem desse conteúdo. Além disso, o estudo de Barros, Ribeiro e Silva (2017) aponta para a escassez de publicações relacionadas ao ensino de genética, bem como para o baixo quantitativo de autores que investem na pesquisa aprofundada desse tema em instituições de ensino no Brasil.

Logo, levantamentos feitos por meio de um estudo bibliométrico, considerando pesquisas nacionais e internacionais, podem servir de apoio para a inserção de metodologias de ensino confiáveis nessa área, uma vez que os resultados reunirão uma grande quantidade de informações de cunho científico pedagógico.

Por essa razão, o presente trabalho se propõe a realizar uma análise bibliométrica da produção científica em ensino de genética indexada na base de dados *Web of Science* (WoS), considerando um período que vai desde 1905 até 2025, abrangendo tanto publicações nacionais como internacionais. Isso porque, as análises de cunho bibliométrico permitem um levantamento dos resultados mais proeminentes de pesquisas ao longo de um período, viabilizam a identificação da evolução de determinada área, tópicos de tendência e lacunas de pesquisa, bem como o reconhecimento das principais fontes e autores para avaliação da produção acadêmica, entre outros indicadores (MARTÍNEZ *et al.*, 2015; THOMPSON; WALKER, 2015).

Diferentemente da maioria dos métodos de revisão de literatura, que tendem a utilizar poucas publicações como amostra para análise, as revisões bibliométricas adotam uma abordagem que permite um estudo mais amplo de um campo de pesquisa, com mais objetividade na seleção e análise das produções científicas (HERNÁNDEZ-TORRANO; SOMERTON; HELMER, 2020).

Dessa forma, a bibliometria se mostra uma excelente ferramenta para o levantamento e análise estratégica de um grande volume de publicações de interesse, podendo, com seus resultados, nortear docentes e pesquisadores de diversas áreas no desenvolvimento de novas propostas direcionadas às suas linhas de pesquisas.

Um estudo bibliométrico semelhante à proposta deste trabalho foi conduzido recentemente por Barros (2020), que por meio de uma análise bibliométrica buscou compreender como o ensino de genética tem se mostrado ao redor do mundo nos últimos anos quando comparado aos avanços no campo da genética aplicada. Desse modo, a autora conclui a pesquisa evidenciando a existência de um desequilíbrio entre as publicações e avanços relacionados à genética aplicada e o ensino de genética.

Nossa pesquisa pretende ampliar e complementar os dados desse último estudo desenvolvido, especialmente por utilizar um software com funcionalidades distintas e por fazer análises focadas em artigos, também na área do ensino, que não foram abordados no trabalho anteriormente citado.

Além disso, compõem a amostra em análise produções científicas relacionadas ao ensino de genética desde sua primeira publicação da base *Web of Science* (WoS) até o ano de 2025. Por meio da bibliometria foram feitos levantamentos e análises estratégicas da amostra, considerando: 1) os principais autores, países, periódicos e afiliações envolvidas na área, 2) os conteúdos e temáticas de maior impacto abordados nos últimos 15 anos, 3) as principais redes de pesquisa colaborativa e de cocitação.

Espera-se que os resultados aqui produzidos possam servir de apoio para a inserção de metodologias de ensino confiáveis, além de nortear docentes e pesquisadores no desenvolvimento e inovação de propostas direcionadas ao ensino de genética.

## **2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

A pesquisa é básica, descritiva-exploratória, com abordagem explanatória sequencial de métodos mistos, utilizando a coleta e análise de dados quantitativos, seguida da análise dos dados qualitativos, a fim de obter uma compreensão mais aprofundada dos resultados relacionados ao ensino de genética (PRODANOV; FREITAS, 2013; CRESWELL; CRESWELL, 2021). Quanto ao procedimento, será realizada uma revisão e análise de conteúdo, combinada com a técnica

bibliométrica (HUANG; WANG; CHEN, 2019; HASSAN; HADDAWY, 2015). Assim, para além da abordagem quantitativa permitida pela bibliometria, o artigo propõe uma análise qualitativa dos conteúdos dos artigos mais citados dos últimos 15 anos a partir da análise de conteúdo de Bardin (2011).

## 2.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS E DELIMITAÇÃO DA AMOSTRA

De modo a obter um levantamento abrangente da literatura, a pesquisa foi realizada na base WOS. A respectiva base foi selecionada por conter um acervo multidisciplinar com mais de 35.000 periódicos de alta visibilidade e relevância na comunidade acadêmica, com um período de cobertura desde 1905 e categorias de assunto voltadas para a educação. Além disso, oferece melhores possibilidades de manipulação de dados e recursos indispensáveis à bibliometria (BIRKLE, *et al.*, 2020; SUELA; MORETO; FREITAS, 2021).

Para o levantamento das publicações foi utilizada a ferramenta de busca avançada da base com o uso de descritores pré-estabelecidos, a saber, "genética e educação", "genética e ensino", "genética e aprendizagem", "genética e literacia", "genética e sala de aula" e "genética e currículo". Os descritores foram selecionados tendo como base termos presentes no Thesaurus da Educação Brasileira do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2020) e o Thesaurus da Educação Internacional, disponibilizado pela Unesco (UNESCO, 2020), haja vista que a busca deveria ser feita em inglês.

Quanto ao período, foram pesquisadas publicações desde 1905 (ano de início das publicações na base) até abril de 2025, destas, foram selecionadas somente publicações incluídas em categorias relacionadas à educação na base. Vale ressaltar que, para a análise de conteúdo, foram selecionados apenas os 100 artigos mais citados nos últimos 15 anos, de modo a incluir obras mais atuais e de maior impacto.

## 2.3 ANÁLISE DOS DADOS

Efetuada a busca em abril de 2025, juntamente com a aplicação dos filtros, conforme os critérios mencionados anteriormente, seguiu-se para a exportação dos documentos da base em blocos de 500 artigos por vez em formato *bibtex*. Em posse dos arquivos, iniciamos a análise por meio do programa RStudio, versão 4.1.1, utilizando o pacote *Bibliometrix*, o qual também permite acesso à função *biblioshiny*, uma extensão do pacote que, conectada ao RStudio, efetua a leitura dos dados e manipulação das análises de interesse na forma de gráficos (ARIA; CUCCURULLO, 2017). Dessa forma, por meio do software foi possível identificar os periódicos, autores, publicações, países e

agências mais relevantes, assim como as redes de colaboração e cocitação. Quanto aos conteúdos, foram levantados os termos mais frequentes nos títulos, resumos e palavras-chaves da amostra total, assim como os termos mais frequentes nos últimos anos.

Com o objetivo de identificar os métodos de ensino apresentados nos artigos de maior impacto, foram selecionados os 100 artigos mais citados e, a partir dessa amostra, foi realizada uma análise de conteúdo segundo Bardin (2011), seguindo as etapas de pré-análise, exploração, interpretação e por fim categorização dos artigos, com dupla validação. A pré-análise selecionou, a partir dos 100 artigos, aqueles publicados nos últimos 15 anos e relacionados ao ensino de genética, de modo a socializar metodologias com resultados positivos, em termos de motivação e aprendizado dos estudantes, assim como verificar questões relacionadas ao currículo e aos livros didáticos. Na fase de exploração foi feita a leitura e fichamento dos artigos e, por fim, estes foram categorizados, de modo a revelar os métodos mais presentes nas produções de maior impacto nos últimos anos.

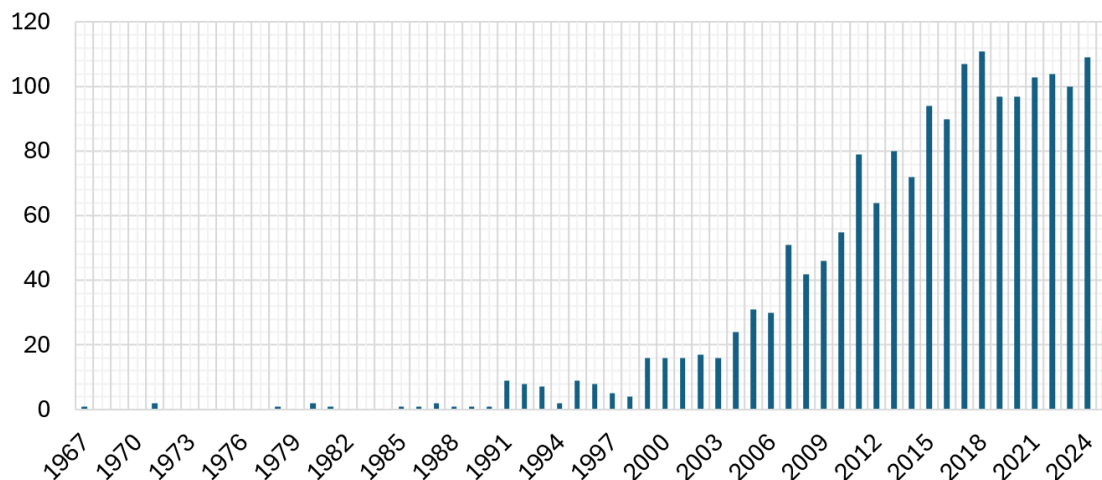
### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 CRESCIMENTO DA PESQUISA NA ÁREA, PRINCIPAIS PERIÓDICOS, AUTORES E INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS**

A busca na base *Web of Science* (WoS) encontrou o total de 1.763 documentos publicados em 632 fontes, sendo em sua maioria artigos publicados em revistas (73%) e artigos apresentados em eventos (18%), as demais publicações são capítulos de livro, editoriais ou resumos publicados em eventos. As análises foram feitas a partir de 1905, sendo que até 1966 só havia duas publicações na área, nos anos de 1912 e 1946. Por essa razão, o gráfico da Figura 1 apresenta os documentos a partir de 1967, a média anual de publicação é de 8,45.

Analisando o gráfico da Figura 1, vemos que a produção só alcança crescimento mais substancial a partir do final dos anos 90 e início dos anos 2000. Tal fato pode estar relacionado com um crescente desenvolvimento de estudos direcionados ao ensino e educação em ciências que surgiu em um cenário pós-guerra, e que ganhou maior intensidade no final do século XX (MELO; CARMO, 2009).

Figura 1 – Produção anual em ensino de genética de 1967 a 2025.



Fonte: WoS (2025) dados da pesquisa.

Ainda com base na Figura 1, é importante ressaltar que os dois anos de maior produção dessa temática ocorreram em 2017 e 2018, com 107 e 111 publicações respectivamente. É perceptível também que, após esses anos de escalada, a produção oscila e reduz levemente até 2023, o que ainda pode ser uma consequência do contexto pandêmico vivenciado nos últimos tempos. Como afirma Leite (2020), muitas pesquisas que dependiam de financiamento público, ou da presença do público-alvo para serem realizadas, foram afetadas e os pesquisadores tiveram que reestruturar ou postergar propostas em andamento. Tal fato justifica um leve decaimento, que é logo recuperado em 2024. Garcia e colaboradores (2021) ressaltam que, mesmo com várias atividades sendo interrompidas durante a pandemia, muitas foram readaptadas para o formato remoto e prosseguiram levantando dados sobre o novo cenário da educação e efetuando a divulgação científica em data posterior à esperada.

Em relação aos periódicos de maior relevância, das 632 fontes encontradas, foram selecionadas as 10 com o maior número de publicações no tema, as quais detêm juntas cerca de 25% do total de artigos encontrados na pesquisa, como mostra a Tabela 1. Foi elencado também o fator de impacto de cada uma delas, um índice usado para medir a relevância de revistas e periódicos, analisando a média de citações recebidas por artigo publicado, considerando os dois anos anteriores (SILVA; ALMEIDA; GRÁCIO, 2018).

Tabela 1 - Os 10 principais periódicos de acordo com o volume de publicações no tema, seu índice H e fator de impacto.

Periódicos	Nº Artigos	Fator de Impacto
<b>Biochemistry and Molecular Biology Education</b>	<b>85</b>	<b>1.2</b>
<b>American Biology Teacher</b>	<b>73</b>	<b>0.34</b>
<b>Journal of Biological Education</b>	<b>61</b>	<b>1.2</b>
<b>Journal of Cancer Education</b>	<b>45</b>	<b>1.4</b>
<b>Journal of Intellectual Disability Research</b>	<b>39</b>	<b>2.1</b>
<b>Science Education</b>	<b>27</b>	<b>3.2</b>



<b>International Journal of Science Education</b>	<b>25</b>	<b>1.4</b>
<b>Journal of Microbiology &amp; Biology Education</b>	<b>25</b>	<b>0.5</b>
<b>Journal of Research in Science Teaching</b>	<b>25</b>	<b>5.2</b>
<b>NPJ Science Learning</b>	<b>24</b>	<b>3.6</b>

Fonte: WoS (2025) dados da pesquisa

Assim, se só considerarmos o número de publicações, a revista *Biochemistry and Molecular Biology Education*, seria a mais relevante na área. Contudo, ao levarmos em consideração o fator de impacto das revistas, os dois periódicos que se destacam são *Journal of Research in Science Teaching* e *Science Education*. Embora nenhuma delas seja uma revista específica da área da genética, é comum no ramo da educação que revistas de ensino de ciências abarquem publicações de todas as áreas relacionadas às ciências da natureza, incluindo pesquisas relacionadas ao ensino de química e física.

Ter conhecimento de quais periódicos possuem mais impacto na área, direciona o olhar do pesquisador ou do docente em atuação, para publicações mais bem consolidadas, o que pode gerar pesquisas fundamentadas em um referencial sólido, além de estimular o desenvolvimento de inovações ou a ampliação de propostas já previamente testadas.

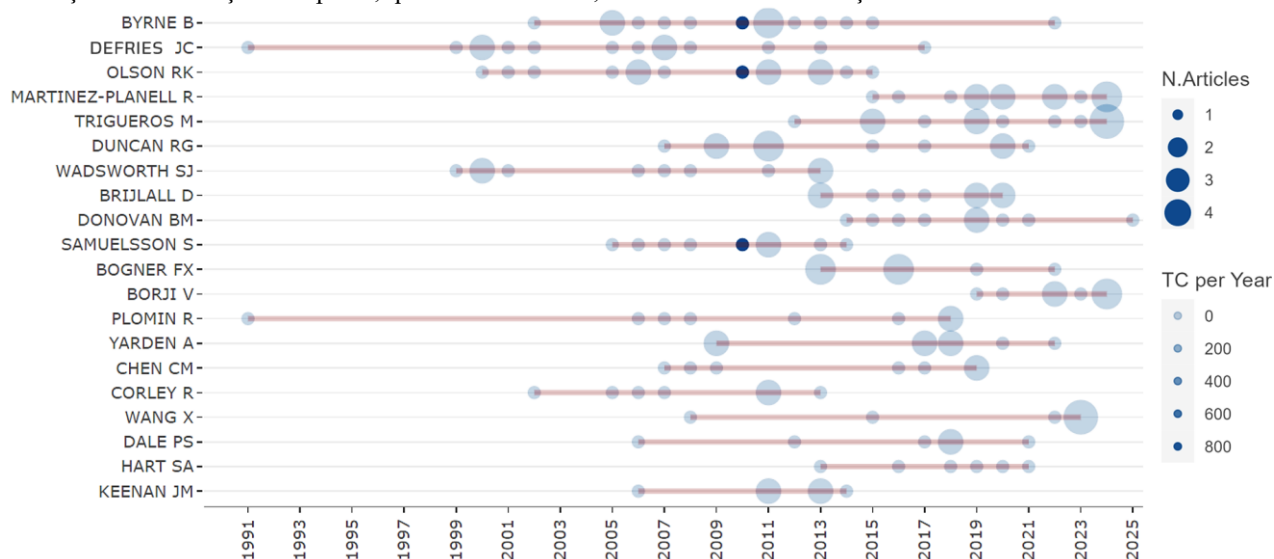
Quanto aos autores, foram encontrados 4.866, sendo a média de autores por documento de 2,76. Assim, apenas 370 são autores de documentos de autoria única. Os 20 pesquisadores com o maior número de artigos publicados estão listados na Figura 2. Brian Byrne (15), da Escola de Psicologia da Universidade da Nova Inglaterra, nos Estados Unidos, destaca-se como expoente na área. Apesar de não possuir a linha de pesquisa mais antiga, é o autor com mais publicações, sendo todas publicadas após o ano 2000 e a última em 2022, o que denota atualidade, consistência e persistência na linha de pesquisa. Na figura pode-se observar que há também autores com um número significativo de publicações, contudo, algumas são pesquisas mais antigas, a exemplo disso estão Defries (14) e Wadsworth (10), ambos da Universidade do Colorado (EUA), assim como Plomin, do King's College London Sally (8).

Já outros autores como Rafael Martinez-Planell, da Universidade de Puerto Rico em Mayagüez (13) e Maria Trigueros, da Universidade Autônoma Benemérita do México (13) e Ravit Duncan (11) da Universidade Rutgers nos Estados Unidos, possuem uma frequência de publicações mais atuais, em relação aos demais autores.

Com relação às instituições, a Universidade do Colorado (EUA) possui o maior quantitativo de publicações na área, um total de 54 artigos. Em seguida, tem-se a Universidade de Michigan (EUA) com 50 artigos do total de publicações no tema. Vale citar a Universidade Chinesa de Hong Kong (32), a Universidade de Washington (32) e a Universidade de Birmingham (27), todas acima de 25 publicações. Conhecer autores e universidades proeminentes na área, facilita a busca por grupos de

pesquisa consolidados para parcerias em projetos, para ingresso em programas de pós-graduação, no caso de estudantes, ou mesmo para análise de publicações mais fundamentadas, no caso de pesquisadores da área (PEREIRA; BARBOSA, 2020).

Figura 2 - Produção dos 20 autores que mais publicaram ao longo do período analisado. Os círculos indicam o volume de publicações e a coloração o impacto, quanto mais escuro, maior o número de citações.



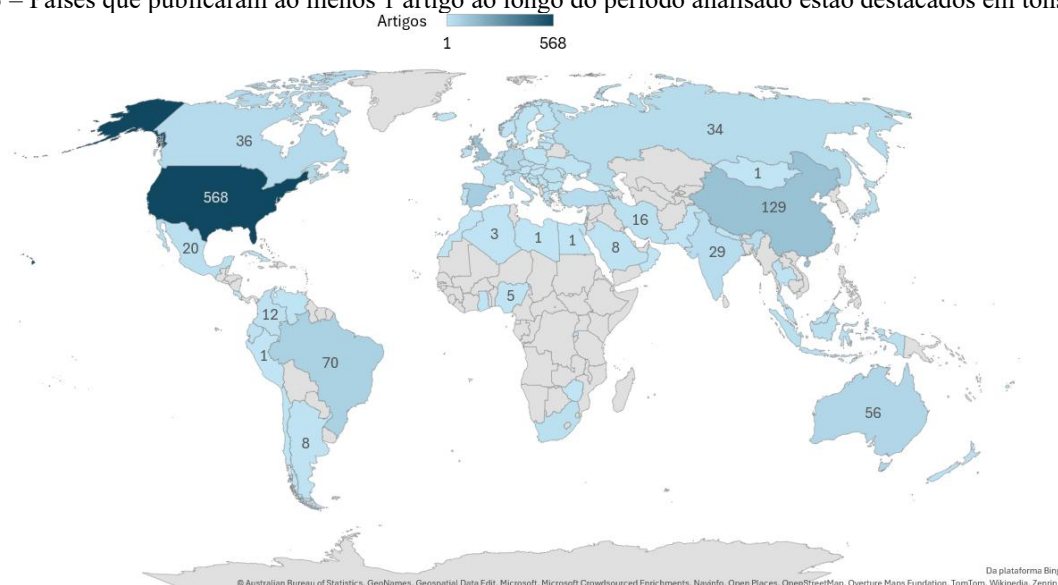
No que diz respeito aos países com a maior produção no tema (Figura 3), em primeiro e segundo lugar estão os Estados Unidos e China com 568 e 129 publicações respectivamente; em seguida tem-se o Reino Unido (124), Espanha (83), Brasil (70), Austrália (53), Alemanha (50), Canadá (36), Rússia (34) e Holanda (33). A figura 3 contempla estes e outros países com ao menos uma publicação na área no período analisado.

A presença do Brasil entre os 10 países que mais publicaram em um tema direcionado à educação em ciências demonstra que esforços estão sendo empregados para a melhoria do letramento científico. Entretanto, muito ainda se discute sobre o distanciamento entre o ensino e aprendizagem de genética e o cotidiano dos alunos, um problema presente desde a formação de professores até a educação básica (MOURA, *et al.*, 2013; PEREIRA; CUNHA; LIMA, 2020).

Tal fato também se aplica a países desenvolvidos e com extensa produção como Estados Unidos e Reino Unido, já que as pesquisas também destacam a defasagem no ensino de genética nessas localidades (BARROS, 2020). Isso demonstra que, embora exista um crescente volume de trabalhos direcionados a melhoria da educação em genética, poucos ultrapassam os muros da academia, o que acentua e perpetua a lacuna existente entre pesquisa e prática.



Figura 3 – Países que publicaram ao menos 1 artigo ao longo do período analisado estão destacados em tons de azul.



Fonte: WoS (2025) dados da pesquisa extraídos do Biblioshiny.

### 3.2 REDES DE COLABORAÇÃO E COCITAÇÃO

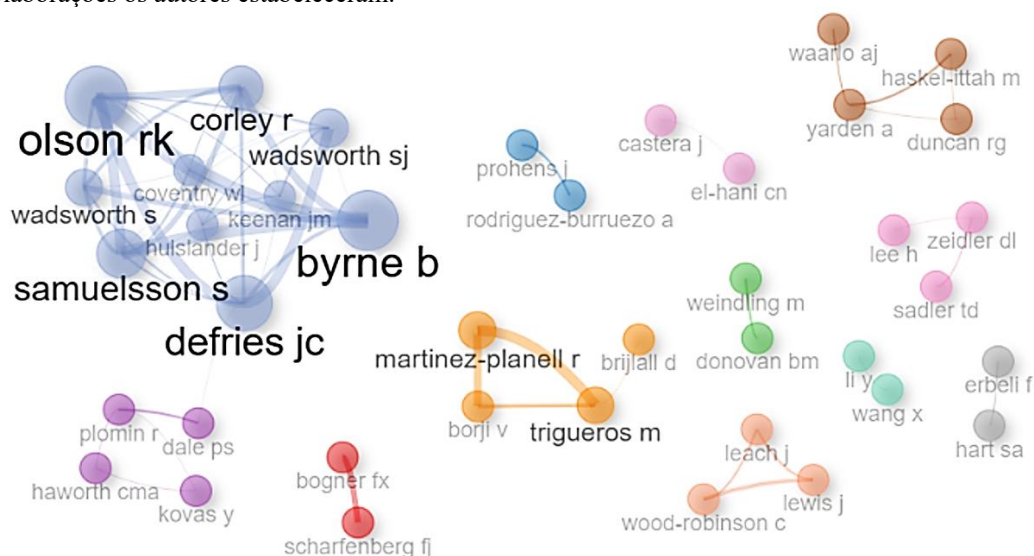
Outro dado relevante a ser analisado são as redes de colaboração, tendo em vista que seu estudo pode fornecer indicadores relacionados aos principais grupos de pesquisa já estabelecidos, fato que auxilia na formação de novas redes de colaboração com múltiplos países, bem como no entendimento da construção do conhecimento da área de interesse (HILÁRIO; FREITAS, 2020).

Na Figura 4 estão expostas as redes de colaboração entre os 50 autores que mais publicaram e que possuem ao menos duas colaborações entre si, considerando todos os anos de produção. Os critérios da busca revelaram apenas 39 autores.

Analisando o maior cluster ilustrado pela Figura 4 temos o total de dez autores em colaboração, os quais estabelecem uma ampla rede que abrange diferentes países e instituições como a Universidade do Colorado e a Universidade de Denver nos Estados Unidos, assim como a Universidade de New England em Armidale na Austrália e a Universidade Linkoping na Suécia. As publicações mais recentes feitas por essa rede de autores datam de 2011 e 2015 (OLSON *et al.*, 2011; CHRISTOPHER *et al.*, 2015). Os artigos não são relacionados ao ensino de genética, mas analisam a correlação entre fatores genéticos e o aprendizado.

No artigo de Olson, *et al.* (2011), foram estudadas as influências genéticas e ambientais no vocabulário e nas habilidades de leitura em crianças desde o ensino infantil até os anos finais do ensino fundamental. No estudo de Christopher, *et al.* (2015), os autores buscaram explorar as etiologias ambientais e genéticas que impactam nas habilidades de leitura e escrita, para isso os pesquisadores avaliaram gêmeos em diferentes estágios da vida escolar.

Figura 4 – Rede de colaboração entre os autores mais relevantes. O tamanho dos círculos indica a quantidade de trabalhos publicados em colaboração, enquanto as linhas indicam quem são os autores que estão conectados. Quanto mais espessa a linha mais colaborações os autores estabeleceram.



Fonte: WoS (2025) dados da pesquisa extraídos do Biblioshiny.

Outro cluster que merece destaque é o representado em marrom pelos autores Duncan, Haskel-Ittah e Yarden, filiados de instituições em Israel e Estados Unidos. Os dois artigos mais atuais foram publicados em 2020, o primeiro estudo publicado em março buscou compreender como estava o entendimento de estudantes do sétimo ano do ensino básico sobre a função das proteínas em mecanismos genéticos (HASKEL-ITTAH, *et al.* 2020a). O segundo estudo, publicado em agosto do mesmo ano, explorou o entendimento de estudantes universitários sobre a plasticidade fenotípica derivada da interação entre os genes e o ambiente (HASKEL-ITTAH; DUNCAN; YARDEN, 2020b).

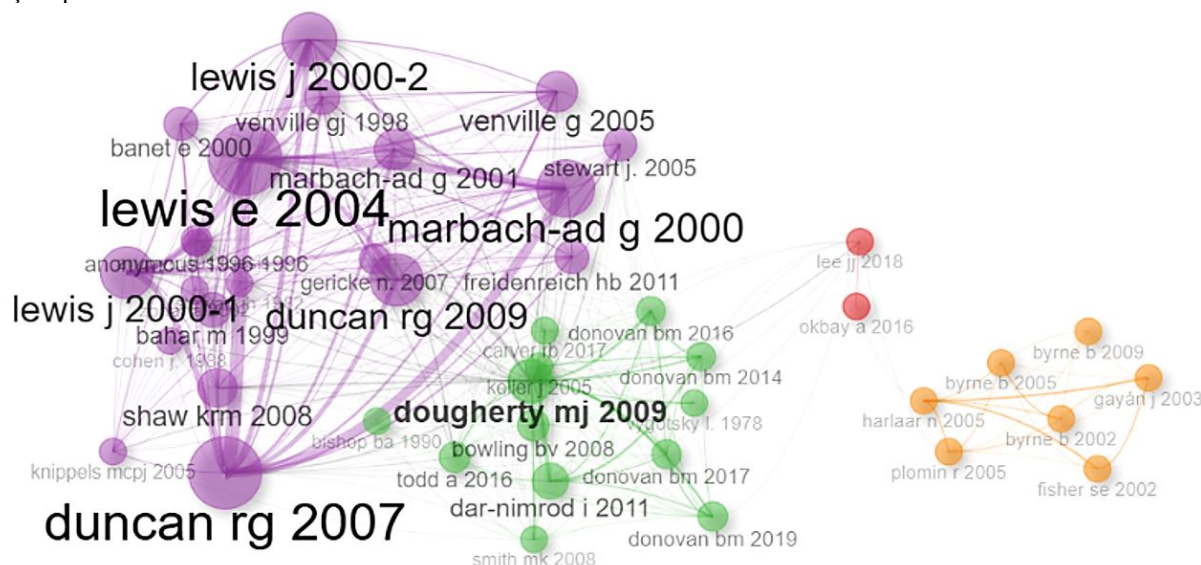
O cluster roxo também revela uma rede de colaboração de quatro autores. Estes são filiados de instituições da Inglaterra e dos Estados Unidos. A publicação mais recente avaliou a relação entre o ambiente de aprendizagem e o desempenho em ciências de três mil gêmeos de quatorze anos, usando uma abordagem genética (HAWORTH, *et al.*, 2013).

Embora o cluster laranja, localizado mais ao centro, também possua quatro autores, as pesquisas do grupo estão mais centradas em decomposição genética dentro da teoria APOS (Acrônimo do inglês que significa Ação, Processo, Objeto, Esquema – APOE em português), a qual busca entender como os alunos constroem seus conhecimentos matemáticos, ou seja, trata-se de uma hipótese sobre os mecanismos mentais que os estudantes podem utilizar para aprender um conceito (BORJI; MARTÍNEZ-PLANELL; TRIGUEROS, 2024).

Com relação às redes de cocitação, estas possibilitam a identificação de autores e estudos de alta relevância para a área (CASTANHA; BUFREM; BOCHI, 2020). Sabe-se que o desenvolvimento de novas pesquisas e estudos são possíveis a partir de conhecimentos previamente construídos, os quais

oferecem embasamento para novas descobertas e abre espaços para o preenchimento de lacunas dentro da área. Por meio das redes de cocitação (Figura 5) é possível levantar os estudos e autores que formam a base do conhecimento da área, e até mesmo possíveis linhas de pesquisa mais consolidadas.

Figura 5 – Redes de cocitação. Foram considerados os 50 documentos mais citados nas referências da amostra desta pesquisa. O tamanho do círculo indica a quantidade de vezes que o documento é citado e as linhas indicam a relação de cocitação que é estabelecida entre eles.



Fonte: WoS (2025) dados da pesquisa extraídos do Biblioshiny.

Ao analisar a rede representada em roxo, três documentos se destacam. O artigo de Duncan e Reiser (2007) buscou explorar as dificuldades de um grupo de alunos quanto ao entendimento de conceitos sobre genética molecular. Outro documento em destaque é o de Marbach-Ad e Stavy (2000), o qual representa um estudo sobre a compreensão e capacidade de estabelecer relação entre três níveis principais de organização dos conceitos de genética, nível macroscópico, microscópico e submicroscópico. Por fim, Lewis e Kattmann (2004), investigam a concepção de genes por parte de estudantes com o objetivo de encontrar possíveis dificuldades na compreensão desse conceito e sugerir métodos que facilitem seu entendimento.

A partir da breve descrição desses documentos, pode-se inferir que a rede possui um interesse em identificar a compreensão dos estudantes sobre os conceitos de genética e oferecer sugestões de melhorias nos currículos escolares e métodos de ensino do conteúdo. Estudos nesse sentido são de extrema relevância pois a partir deles é possível repensar o currículo e as formas de ensinar e aprender, construindo um conhecimento que seja realmente significativo (FERRARO, 2017).

Apesar de possuir conexões com o cluster roxo, com trabalhos também preocupados com o currículo (DOUGHERTY, 2009), o cluster verde aparece separado, pois trata sobre assuntos mais direcionados à psicologia educacional fazendo relação com a genética. Um exemplo é o documento de

Dar-Nimrod e Heine (2011), que analisa o entendimento das pessoas quanto ao essencialismo genético, ou seja, a ideia de que as pessoas tendem a pesar mais as atribuições genéticas em comparação com atribuições concorrentes, mesmo em casos de “explicação genética fraca”, que são muito mais comuns. No artigo, aspectos como raça, gênero, orientação sexual, criminalidade, doença mental e obesidade são revisados através da lente do essencialismo genético, destacando mudanças atitudinais, cognitivas e comportamentais que decorrem da consideração de que atribuições genéticas fundamentam essas categorias. O artigo discute ao final fatores moderadores e intervenções para reduzir a magnitude e os vieses do essencialismo genético.

Numa linha similar, a pesquisa de Keller (2005) analisa o componente biológico do essencialismo para avaliar a crecha no determinismo genético. Os resultados mostram que tais crenças tem raízes sociocognitivas e estão relacionadas com preconceitos (KELLER, 2005).

Por fim, no cluster laranja os estudos são voltados para a compreensão da influência da genética nos processos de aprendizagem. Harlaar, *et al.*, (2005) investigou as influências genéticas e ambientais que impactam no desenvolvimento inicial da leitura, para isso foram estudados mais de três mil gêmeos com 7 anos de idade. Já Plomin e Kovas (2005) revisaram pesquisas genéticas a fim de encontrar genes que estivessem associados às dificuldades de aprendizagem, os resultados mostraram que os genes que afetam a aprendizagem são generalistas e não específicos.

### 3.3 ANÁLISE DO CONTEÚDO DAS PUBLICAÇÕES UTILIZANDO COMO BASE A FREQUÊNCIA DAS PALAVRAS E OS TÓPICOS MAIS ATUAIS

Apesar de as redes de colaboração e cocitação oferecerem algumas das direções que as pesquisas na área têm seguido, trata-se de uma amostra pequena do todo levantado. Dessa forma, com o objetivo de identificar mais a fundo as temáticas mais abordadas, foram analisadas as palavras mais frequentes nos resumos e palavras-chave da amostra total. Tais análises podem fornecer mais objetividade na identificação dos conteúdos dos trabalhos (POLLACK; ADLER, 2015).

Tabela 2 – Palavras mais frequentes nos resumos e palavras-chave dos artigos levantados na amostra. Foram removidos os descritores utilizados em nossa busca e termos genéricos, tais como: ciência, professor, estudante, genética, ensino, aprendizagem e educação.

Palavras-chave	Frequência	Resumo	Frequência
Algoritmo(s) genético(s)	78	Desenvolvimento	644
Evolução	28	Compreensão	560
Teoria APOE	27	Escola	546
Bioinformática	24	Criança	522
Farmacogenômica	22	Modelo	500
Dislexia	21	Saúde	456
Avaliação	20	Abordagem	418
<i>e-learning</i>	20	Médico	407

Aprendizagem ativa	19	Habilidades	391
Educação médica / Engenharia Genética	15	Métodos	374

Fonte: WoS (2025) dados da pesquisa extraídos do Biblioshiny.

Nos resumos, termos como “desenvolvimento”, “compreensão” e “escola” dominam, revelando uma abordagem centrada na aprendizagem e no contexto educacional (DUNCAN; ROGAT; YARDEN, 2009). Palavras como “criança”, “saúde” e “médico” apontam para um público-alvo que envolve desde a educação básica ao ensino superior voltado à área da saúde (DUNCAN *et al.*, 2011; SANTANA; OLIVEIRA; RAMOS, 2019). Além disso, a presença de termos como “abordagem”, “habilidades” e “métodos” indica o foco em estratégias pedagógicas e competências a serem desenvolvidas no ensino de genética (DOUGHERTY *et al.*, 2017). Assim, os dados sugerem que os estudos analisados tendem a abordar o ensino de genética de forma multidisciplinar, integrando aspectos biotecnológicos, educacionais e de saúde, com ênfase tanto em inovações metodológicas quanto na compreensão conceitual.

O termo algoritmo genético é um dos mais frequentes nas palavras-chave e aparece com frequência nos resumos, embora não esteja entre os dez mais frequentes. O termo sugere um forte interesse na aplicação de técnicas computacionais e de bioinformática no ensino da genética. Na maior parte dos casos trata-se de um algoritmo computacional desenvolvido com base na Teoria de Darwin sobre a evolução e na reprodução genética, com o objetivo de encontrar a melhor solução para determinados problemas (GOUVEIA *et al.*, 2021). O termo aparece frequentemente associado a outros como bioinformática, evolução, educação científica e o *e-learning* (aprendizagem eletrônica), que começou a ser introduzido no mesmo período. Este último é usado para definir uma metodologia de aprendizagem que utiliza como ferramenta o computador ou a web, e que teve origem nos anos 90 quando a internet começou a ser popularizada (BASAK; WOTTO; BÉLANGER, 2018).

Um exemplo de trabalhos que envolvem os dois termos (e-learning e algoritmo genético) é o de Hwang, *et al.*, (2008) e o de Krechetov e Romanenko (2020), ambos exploram formas de otimizar ambientes de aprendizagem online usando algoritmos genéticos. Isso demonstra a relevância que esses termos tiveram e continuam tendo atualmente, e embora sejam termos mais voltados à área de Ciência da computação, o conhecimento de conceitos fundamentais da genética foi essencial para o seu desenvolvimento. Vale ressaltar que o destaque para “dislexia” e “e-learning” também sugere uma preocupação com acessibilidade e metodologias inovadoras no processo de ensino-aprendizagem em alguns artigos na amostra.

Aprendizagem ativa e Teoria APOE são termos que chamam atenção por sua relação com métodos de ensino que são relativamente recentes. A aprendizagem ativa vem ganhando foco no



cenário educacional pois, em oposição à uma aprendizagem baseada somente na transmissão de conhecimentos por parte do docente, o aluno assume uma postura mais participativa, com maior autonomia e, com isto, criando oportunidades para a construção do próprio conhecimento (VALENTE, 2014; PIRES; SILVA; BARBOSA, 2021).

Na amostra analisada, o trabalho de Santana, Oliveira e Ramos (2019), apresenta a percepção dos alunos do primeiro ano de um curso de medicina sobre a aprendizagem baseada em equipes na disciplina de genética médica. Como resultados, os autores apontam que a aplicação do método foi bem recebida e se mostrou uma ferramenta importante na estruturação curricular para a educação médica na universidade.

No que diz respeito à teoria APOE, trata-se de uma teoria de aprendizagem construtivista que estende as ideias de Piaget e busca explicar como um conceito matemático pode ser construído. O acrônimo significa “Ação, Processo, Objeto e Esquema”. Seu foco reside em analisar como ocorrem os modelos mentais de aprendizagem matemática, de modo a projetar materiais instrucionais e avaliações que possam verificar sucessos ou fracassos dos alunos ao lidar com problemas matemáticos (CHAGWIZA; MAHARAJ; BRIJLALL, 2020).

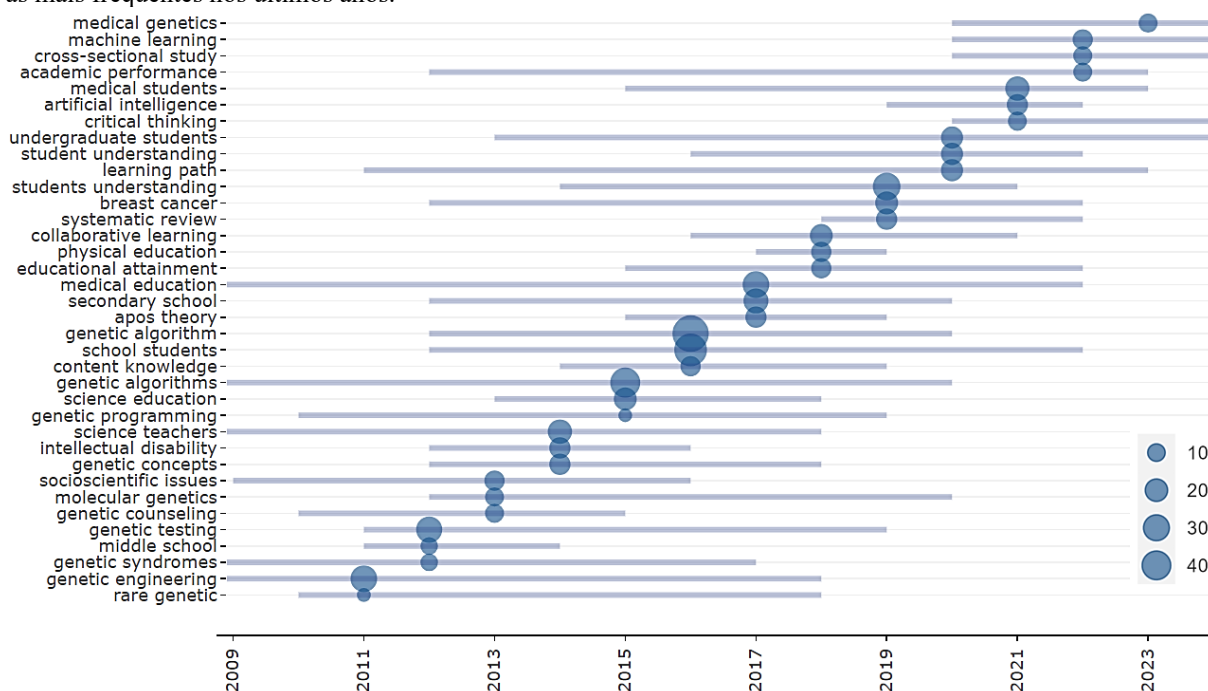
O artigo de Chagwiza, Maharaj e Brijlall (2020) utiliza fundamentos da teoria para analisar as construções mentais dos estudantes universitários sobre o conceito de limite de uma sequência. Percebe-se que o conteúdo é bastante matemático, mas os trabalhos aparecem na amostra por utilizarem o termo “decomposição genética”, a qual tem como objetivo descrever um trajeto possível para a formação de um dado conceito por parte do estudante. Embora o tópico não esteja diretamente associado à genética, é válido ressaltar que a disciplina se utiliza de diversos conceitos matemáticos essenciais para a resolução de problemas, portanto, a concomitância destas duas áreas do conhecimento é constante, e conceitos de aprendizado utilizados na matemática podem ser nesse caso intercambiáveis.

Além do exposto, ainda tendo em vista os dados da tabela 2, além dos universitários de medicina, os estudantes do ensino médio parecem compor o público-alvo que mais participa das pesquisas na área. Outros termos que chamam atenção são dislexia e deficiência intelectual, revelando atenção dos pesquisadores às áreas da educação especial e inclusiva, tema de crescente interesse nos últimos anos (PEREIRA; BARBOSA, 2020). Os trabalhos na área da dislexia parecem estar bem focados também na genética aplicada, um exemplo encontrado é um estudo desenvolvido por Oslon (2006) que buscou entender como os fatores genéticos e ambientais influenciam na dislexia e no desenvolvimento individual.



Mas será que esses termos coincidem com os termos que mais aparecem em pesquisas mais atuais? Tendo como base os termos mais frequentes nos títulos dos artigos, considerando os últimos 15 anos de produção, foram encontrados alguns termos diferentes (Figura 6). O estudo da dinâmica e ocorrência de alguns tópicos mais recentes pode fornecer entendimento sobre a evolução da área de interesse e direcionamento para inovação em futuras pesquisas.

Figura 6. Termos mais citados nos títulos dos artigos dos anos de 2010 a abril de 2025. As primeiras palavras da coluna são as mais frequentes nos últimos anos.



Fonte: WoS (2025) dados da pesquisa extraídos do Biblioshiny.

Na Figura 6, é possível identificar no topo da coluna as palavras mais frequentes nos últimos anos. Além dos tópicos já identificados na tabela 2, tais como educação médica, estudantes de graduação, e compreensão dos alunos, também é possível identificar tópicos como aprendizagem de máquina (machine learning) e inteligência artificial, revelando um alinhamento com temas recentes no cenário científico e tecnológico (DUONG; SOLOMON, 2025). A literatura aponta que a inteligência artificial tem sido empregada em análises clínicas na área da genética, assim, associar o ensino da disciplina às ferramentas tecnológicas em alta é de suma importância, especialmente porque seu uso será cada vez mais comum em todos os ambientes nos quais os estudantes estiverem inseridos (DUONG; SOLOMON, 2025)

Pensamento crítico, via de aprendizagem e aprendizagem colaborativa, também são tópicos recentes. Com relação a eles, o trabalho conduzido por Sagun e Prudente (2021) investigou como a inserção de estratégias de aprendizagem aprimoradas com orientação metacognitiva na sala de aula

pode influenciar no raciocínio científico e na compreensão conceitual dos conteúdos de genética molecular pelos alunos. Pensar de forma criativa e colaborativa, trazendo novas perspectivas para determinadas questões problema é uma habilidade que tem sido investigada e estimulada especialmente na educação científica nos últimos anos (SENER; TUKER; TAS, 2015).

Embora não tão recente, também chama atenção as “questões sócio científicas” presentes a partir de meados de 2013. Tais termos tem relação íntima com o essencialismo genético. O trabalho de Donovan *et al.*, (2021) ressalta a importância da educação em genética no combate à crença do essencialismo genético, especialmente com relação a afirmações de que determinados grupos se distinguem cognitivamente e comportamentalmente por causa de seus genes. Tais temas são essenciais e devem ser debatidos no combate a falsos argumentos que fundamentem posturas racistas no meio acadêmico e fora dele (HITA, 2017).

### 3.4 ANÁLISE DE CONTEÚDO E CATEGORIZAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES MAIS CITADAS NA ÁREA

Com relação à análise de conteúdo das publicações de maior impacto, foram selecionados, por meio da pré-análise do método de Bardin (2011), 22 artigos dentre os cem mais citados nos últimos 15 anos. Os demais foram eliminados nessa fase pois não haviam sido publicados no período ou estavam mais concentrados nas influências genéticas atuando nos processos de aprendizado e desenvolvimento acadêmico. As publicações selecionadas estão listadas na Tabela 3 em ordem numérica e categorizadas na Tabela 4 de acordo com o assunto de seu conteúdo.

Tabela 3 – Referência dos artigos mais citados nos últimos 15 anos

<b>Artigos mais citados selecionados para análise de conteúdo</b>			
<b>1</b>	Formea <i>et al.</i> (2013)	<b>12</b>	Speth <i>et al.</i> (2017)
<b>2</b>	Adams <i>et al.</i> (2016)	<b>13</b>	Wilkes <i>et al.</i> (2017)
<b>3</b>	Dauer <i>et al.</i> (2013)	<b>14</b>	Jamieson e Radick (2017)
<b>4</b>	Donovan (2013)	<b>15</b>	Williams <i>et al.</i> (2011)
<b>5</b>	Dougherty <i>et al.</i> (2017)	<b>16</b>	Price <i>et al.</i> (2017)
<b>6</b>	Thurtle-Schmidt e Lo (2018)	<b>17</b>	Springer <i>et al.</i> (2011)
<b>7</b>	Freidenreich, Duncan e Shea (2011)	<b>18</b>	Duncan <i>et al.</i> (2011)
<b>8</b>	Thompson e Brooks (2011)	<b>19</b>	Donovan (2016b)
<b>9</b>	Duncan e Tseng (2010)	<b>20</b>	Shea, Duncan e Stephenson (2015)
<b>10</b>	Munson e Pierce (2015)	<b>21</b>	Dos Santos, Joaquim e El-Hani (2012)
<b>11</b>	Donovan (2016a)	<b>22</b>	Remsberg <i>et al.</i> (2017)

Fonte: WOS (2025) dados da pesquisa.

Tabela 4 - Categorias estabelecidas a partir da análise de conteúdo e os códigos dos artigos.

<b>Categoria</b>	<b>Código</b>	<b>Total</b>
<b>1. O ensino de genética como influenciador de concepções essencialistas ou deterministas de raça.</b>	4, 11, 14, 19	4

2. Metodologias ativas e recursos tecnológicos aplicados para facilitar os processos de ensino e aprendizagem em genética	1, 2, 7, 9, 10, 13, 15, 17, 18, 22	10
3. Uso de mapas conceituais e inventários/questionários nos processos de ensino e avaliação da aprendizagem em genética	3, 6, 12, 16	4
4. Diretrizes curriculares e o ensino de genética nos livros didáticos	5, 8, 21	3
5. Modelo triplo para alfabetização genética: conhecimento do conteúdo, argumentação e uso de características situacionais que podem influenciar o raciocínio.	20	1

Fonte: WOS (2025) dados da pesquisa.

### 3.4.1 Categoria 1: O ensino de genética como influenciador de concepções essencialistas ou deterministas de raça.

Na primeira categoria, os artigos trazem um estudo sobre como o currículo da disciplina de genética pode fortalecer o essencialismo genético nas questões raciais. No caso específico, o essencialismo pode estar relacionado a um equivocado “suporte científico” à ideia da inferioridade de negros, por exemplo, fato que favorece a discriminação racial e, conforme apontado pela literatura, tem se perpetuado, mesmo após vastas evidências apontando o contrário (HITA, 2017).

Dentre os quatro artigos selecionados, três desenvolveram pesquisas com estudantes do ensino médio de escolas públicas e privadas. Os resultados das pesquisas mostraram que a forma como determinados grupos de pessoas são relacionadas à doenças genéticas específicas, não contribui para quebrar com o pensamento essencialista entre os estudantes, mas sim o fortalece (DONOVAN, 2013), destacando também que a terminologia racial apresentada nos livros não só reforça o preconceito racial, mas também induz a equívocos sobre hereditariedade e variação genética (DONOVAN, 2016b); e que é fundamental que a educação em biologia construa uma proposta de ensino em genética capaz de instruir contra o preconceito a fim de apoiar a justiça social (DONOVAN, 2016a).

Ainda na categoria 1, o artigo 14 difere dos demais por propor um estudo de como a temática mendeliana induz crenças deterministas (JAMIESON; RADICK, 2017). Nele foram oferecidos a estudantes de graduação dois cursos de introdução a genética com currículos diferentes, um mendeliano e outro weldoniano. Os resultados demonstraram que os estudantes que concluíram o curso com o currículo mendeliano terminaram mais deterministas sobre os genes do que os do currículo weldoniano (JAMIESON; RADICK, 2017). Um dos participantes ressaltou que a genética weldoniana se relacionava com o seu cotidiano de forma mais compreensível, e que o contato com ela possibilitou uma maior reflexão crítica sobre determinismo genético (JAMIESON; RADICK, 2017). Tais resultados podem ser direcionadores de novas propostas mais contextualizadas, mantendo o rigor científico, mas também coerentes com o cotidiano do alunado (BARROS, 2020).

Assim, os estudos levantados nessa categoria reforçam os apontamentos de outros autores sobre a importância de investigar e avaliar não só as práticas de ensino, mas também as ferramentas, o currículo e as técnicas de aprendizagem que orientam a educação genética e influenciam as atitudes dos estudantes em questões socio científicas (HITA, 2017; DONOVAN, 2016a).

### **3.4.2 Categoria 2: Metodologias ativas e recursos tecnológicos aplicados para facilitar os processos de ensino e aprendizagem em genética**

Na categoria 2, tem-se exemplos de estudos que usam metodologias ativas para facilitar os processos de ensino e aprendizagem de genética. No artigo de Adams *et al.* (2016), o aluno é colocado no centro do processo ao propor a participação do mesmo em uma atividade de experimentação. Os autores implementaram um modelo de aprendizagem participativa em um curso de farmacogenômica de um programa de doutorado em farmácia. O modelo utilizou testes genômicos pessoais dos alunos para aprimorar o aprendizado em sala de aula, e assim envolvê-los na própria construção do conhecimento. Ao final do curso e com base nas avaliações dos alunos, todos que aceitaram realizar os testes genômicos tiveram ótimos desempenhos nas avaliações, além de terminarem o curso mais confiantes em relação ao conhecimento adquirido sobre genética e farmacogenômica (ADAMS; *et al.*, 2016). Tais dados são coerentes com a literatura, que aponta para um maior engajamento e melhores resultados por parte dos estudantes, quando estes são envolvidos em propostas ativas de aprendizagem na disciplina de genética (GALVÃO, 2020).

Outro estudo que usou metodologias ativas foi o de Munson e Pierce (2015), que implantou o modelo de sala de aula invertida em um curso de farmacogenômica com o objetivo de melhorar o desempenho dos alunos nos exames. A intervenção contou com aulas gravadas sobre conceitos básicos de genética e atividades em sala com foco na aplicação dos conceitos aprendidos. A avaliação se deu por meio de pré e pós-testes e, apesar de não haver diferença significativa entre os grupos, o estudo demonstrou maior envolvimento e participação dos alunos nas atividades propostas, conforme já destacado na literatura (MUNSON; PIERCE, 2015).

No artigo de Williams e colaboradores (2011), foi desenvolvido um guia de investigação e avaliações baseados no design de integração de conhecimento de andaimes, que tem como princípios: tornar a ciência acessível, tornar o pensamento visível, aprender com os outros e promover autonomia para o aprendizado de ciências ao longo da vida. Ao avaliarem os resultados, os pesquisadores destacaram a importância de promover a aprendizagem ativa a fim de auxiliar os estudantes a estabelecer conexões relevantes sobre os processos biológicos da hereditariedade (WILLIAMS; *et al.*, 2011).

Dois outros estudos dentro dessa categoria são direcionados aos alunos da educação básica e trabalham com aprendizagem baseada em projetos. Duncan e Tseng (2010), propõem o ensino de uma unidade curricular baseada em projeto, com foco na investigação de uma doença. Os autores apontam para a importância de instruções planejadas, as quais desenvolvam uma aprendizagem significativa e produtiva em genética (DUNCAN; TSENG, 2010). Freidenreich, Duncan e Shea (2011), por sua vez, conduziram o ensino de três modelos (genético, mitótico e molecular) por meio da aprendizagem baseada em projetos. Várias estratégias foram empregadas para apoiar a compreensão plena dos conceitos, como árvores genealógicas, atividades de modelagem ilustrativa e investigação de distúrbios desde os sintomas até o nível molecular. Os resultados mostraram uma excelente compreensão dos estudantes em relação aos três modelos genéticos, em especial ao modelo molecular (FREIDENREICH; DUNCAN; SHEA, 2011).

Ainda nessa categoria, dois artigos abordam estudos de caso como método de ensino para avaliar o conhecimento em genética de profissionais da saúde após uma intervenção. O primeiro deles é o estudo de Formea e colaboradores (2013), que aplicou e avaliou o impacto de um programa educacional em farmacogenômica baseado em casos clínicos direcionados a farmacêuticos. O segundo é o estudo de Wilkes *et al.* (2017), no qual foi desenvolvido e aplicado um currículo de genética interativo baseado na web com casos clínicos direcionados a médicos de atenção primária. Em ambos os estudos foram usados grupos de intervenção e controle e aplicados instrumentos avaliativos referentes ao próprio produto educacional. Os resultados de ambos foram positivos em relação às intervenções, com destaque para o de Wilkes *et al.* (2017) onde é relatado que, além do maior desempenho do grupo de intervenção, houve maior satisfação com os materiais educacionais e um aumento na confiança dos conhecimentos e habilidades em genética adquiridos.

Outro estudo a ser pontuado é o de Duncan *et al.* (2011), cujos autores desenvolveram e aplicaram uma unidade de investigação que se dividia em duas etapas. Na primeira os alunos exploravam vários exemplos de fenômenos genéticos e seus mecanismos, na segunda eram apresentados a um novo fenômeno genético e eram convidados a usar os conhecimentos adquiridos para explicá-lo usando modelos. Na unidade foram usados *cartoons* e estudos de caso de doenças relacionadas às deficiências de proteínas. Os resultados demonstraram que a aplicação da proposta foi bem-sucedida, pois mais da metade dos estudantes que participaram demonstraram compreender muito bem os mecanismos da genética molecular e foram capazes de aplicá-los de forma satisfatória (DUNCAN; *et al.*, 2011).

O estudo de Springer e colaboradores (2011), traz a elaboração de um curso eletivo em farmacogenômica e sua implementação (SPRINGER; *et al.*, 2011). Os resultados apontaram grandes

avanços na consolidação do conhecimento dos alunos, além disso os próprios estudantes afirmaram que a utilização do software foi o aspecto mais benéfico do curso pois mais do que ajudar na visualização da prática do conteúdo, fortaleceu as informações básicas adquiridas nas aulas (SPRINGER; *et al.*, 2011).

O artigo de Remsberg e colaboradores (2017) também descreve a criação e implementação de um curso de farmacogenômica com aulas expositivas e práticas de auto-genotipagem e fenotipagem, além de discussões sobre questões éticas baseadas em casos reais. Os resultados apontaram um ótimo desempenho dos estudantes em relação aos conhecimentos em farmacogenômica, além de ressaltarem uma excelente melhora na confiança dos alunos em relação as suas habilidades clínicas em farmacogenômica (REMSBERG; *et al.*, 2017).

Conforme visto nos artigos anteriormente citados, o aprendizado ativo é uma abordagem que tem ganhado cada vez mais destaque no ensino de genética devido a seus excelentes resultados, seja ele associado ou não a suportes tecnológicos (GALVÃO, 2020, BARROS, 2020). Isso porque o método possibilita que os estudantes sejam incentivados a construir o conhecimento de forma colaborativa, explorando novas habilidades para o seu desenvolvimento integral (CARVALHO; PEREIRA; ANTUNES, 2021).

### **3.4.3 Categoria 3: Uso de mapas conceituais e inventários/questionários nos processos de ensino e avaliação da aprendizagem em genética**

Seguindo para a terceira categoria, os trabalhos de Dauer *et al.* (2013) e Speth *et al.* (2017), propõem uma alternativa de ensino baseada em atividades de construção de mapas conceituais, na qual os estudantes de graduação ao longo de um semestre de instrução eram encorajados a construir mapas que representassem conceitos de genética, evolução e ecologia. O objetivo dos autores com essa abordagem foi facilitar a compreensão e a capacidade de fazer conexões entre os princípios de genética e evolução (DAUER; *et. al.*, 2013) e analisar como eles representam a variação genética e a origem da variação nesses modelos (SPETH; *et al.*, 2017).

Ao analisarem os mapas mentais os autores perceberam que até o final do curso os alunos foram capazes de construir mapas mais sucintos e assertivos (DAUER; *et. al.*, 2013). Os autores concluem os estudos ressaltando a importância dos mapas conceituais para o ensino de genética e evolução, tanto para instigar o pensamento do aluno em todos os níveis de organização como para fazer uma avaliação mais precisa da aprendizagem (DAUER; *et. al.*, 2013; SPETH; *et al.*, 2017).

O artigo de Price e colaboradores (2017) descreve a elaboração e aplicação de um inventário sobre deriva genética, no qual foi desenvolvido o *Genetic Drift Inventory* (GeDI) com 22 itens de



concordo/discordo e submetido a várias etapas de avaliação que contaram com escrita, teste e revisão. O inventário produziu resultados confiáveis e válidos sobre o que os alunos de graduação em biologia entendem sobre deriva genética, e mais do que isso conseguiu testar a presença de falhas na aprendizagem de conceitos relacionados a este tema (PRICE; *et al.*, 2017).

Por fim, em seu trabalho, Thurtle-Schmidt e Lo (2018) apresentam uma revisão como ferramenta para conduzir o aprendizado de estudantes de graduação em biologia sobre a tecnologia CRISPR / Cas9. O material é dividido em quatro seções conceituais que iniciam e terminam com guias e questões para discussão como forma de incentivar a exploração desse assunto em sala de aula.

Recursos de verificação da aprendizagem como os apresentados pelos artigos citados acima são essenciais para nortear educadores sobre o desempenho não só dos estudantes, mas da própria prática educativa. Além disso, instrumentos como os mapas conceituais são ferramentas excelentes não só por favorecerem a aprendizagem significativa, mas também por fornecer uma avaliação qualitativa do que foi aprendido (LUCKESI, 2000; MOREIRA, 2013).

#### **3.4.4 Categoria 4: Diretrizes curriculares e o ensino de genética nos livros didáticos**

Na quarta categoria, reunimos artigos com foco na investigação das bases do ensino de genética. O primeiro artigo a tratar deste assunto é o estudo de Dougherty *et al.* (2017), que avaliou os padrões de qualidade que orientam o ensino de genética na educação básica nos Estados Unidos (EUA). Para isso, os autores desenvolveram uma lista, com base em documentos sobre educação em genética, com 19 conceitos essenciais de genética que todos os estudantes da educação básica deveriam conhecer. Após as investigações nos sites dos departamentos de educação de todos os estados dos EUA, bem como avaliações feitas por uma equipe de especialistas em educação genética, os autores observaram que dos 19 conceitos elencados pela lista, 14 eram tratados de forma inadequada nos estados pesquisados (DOUGHERTY; *et al.*, 2017).

O estudo de Thompson e Brooks (2011) buscou avaliar quão bem os elementos essenciais do conhecimento em genética e genômica estavam sendo alcançados nos cursos de enfermagem. O estudo contou com um instrumento de pesquisa contendo 17 itens que abordavam conteúdos relacionados as diretrizes curriculares em genética e genômica, e foi aplicado a enfermeiros que participavam de uma conferência. Os resultados mostraram que maioria das faculdades de enfermagem não cumpria totalmente com as competências essenciais em genética. A maioria dos entrevistados relataram não se sentirem confiantes para atender pacientes em relação a informações genéticas (THOMPSON; BROOKS, 2011).

Outro artigo dentro dessa categoria que merece destaque é o de Dos santos, Joaquim e El-Hani (2012), no qual foram examinados livros didáticos brasileiros de biologia do ensino médio, com o objetivo de verificar a forma como os genes e suas funções são tratados nesses livros. Para isso, foram analisados dezoito livros de biologia oriundos do Programa Nacional do Livro do Ensino Médio (PNLEM). Os resultados das análises apontaram que visões híbridas sobre genes estão muito presentes nos livros didáticos, o que acarreta falhas na compreensão de conceitos essenciais sobre os genes e seus papéis nos sistemas vivos, prejudicando o aprendizado futuro de genética e reforçando crenças deterministas (DOS SANTOS; JOAQUIM; EL-HANI, 2012).

Tal como exposto nos artigos, a investigação das diretrizes curriculares é de extrema importância para o ensino e aprendizado. A construção do currículo presente nos livros resulta de influências políticas, o que reflete diretamente nos conceitos que são ensinados. Por isso é importante que educadores e instituições sejam críticas quanto aos documentos que orientam a aprendizagem (GOMES; SALLES; LOPES, 2013).

#### **3.4.5 Categoria 5: Modelo triplo para alfabetização genética: conhecimento do conteúdo, argumentação e uso de características situacionais que podem influenciar o raciocínio.**

Na quinta e última categoria, destacamos um estudo feito por Shea, Duncan e Stepherson (2015), no qual é apresentado um modelo para alfabetização genética que se baseia em três partes: o uso do conhecimento do conteúdo, a qualidade da argumentação e o papel dos recursos situacionais no raciocínio. O objetivo dos autores foi demonstrar como os alunos de graduação aplicam seus conhecimentos de genética para formular argumentos sobre duas tarefas de raciocínio distintas.

A aplicação do estudo se deu com dois grupos de estudantes de graduação em fases diferentes do curso, aos quais foram apresentadas tarefas onde precisavam aplicar seus conhecimentos sobre genética. Os resultados demonstraram que os alunos novatos forneciam explicações mais elaboradas em relação a tarefa com questões humanas em comparação com as de questões vegetais, e o inverso acontecia com o grupo avançado (SHEA; DUNCAN; STEPHENSON, 2015). Os autores concluem que características específicas, como o tipo de organismo, podem influenciar um raciocínio mais ou menos sofisticado. Portanto, é de extrema importância apresentar instruções e questões genéticas distintas e variadas em sala de aula a fim de desenvolver as habilidades de argumentação dos estudantes (SHEA; DUNCAN; STEPHENSON, 2015).

Os constantes avanços e aplicações da genética no cotidiano exigem uma educação em genética que forme cidadãos capazes de criticar e argumentar sobre esses assuntos. Assim, recursos que

orientem a alfabetização genética bem como o letramento científico são de extrema importância para alcançar tal objetivo (BOERWINKEL; YARDEN; WAARLO, 2017).

#### 4 CONCLUSÃO

A análise bibliométrica realizada evidenciou um crescimento significativo da produção científica relacionada ao ensino de genética, especialmente a partir do final da década de 90. Tal aumento está alinhado ao fortalecimento dos estudos em educação em ciências nos cenários nacional e internacional. A maioria das publicações se concentra em artigos científicos, sendo os anos de 2017 e 2018 os mais produtivos. A oscilação observada nos anos subsequentes pode ser atribuída aos efeitos da pandemia de COVID-19, que impactou diretamente a continuidade de muitas pesquisas. Entretanto, dado o padrão seguido nas últimas décadas, espera-se que o aumento continue sendo significativo nos próximos anos.

Dentre as 632 fontes identificadas, destaca-se o periódico *Biochemistry and Molecular Biology Education* pelo volume de publicações. No entanto, os maiores fatores de impacto foram registrados nas revistas *Journal of Research in Science Teaching* e *Science Education*, indicando que os estudos sobre o ensino de genética também encontram espaço em periódicos de escopo mais amplo em educação em ciências. Ressalta-se que tal informação é estratégica para pesquisadores que buscam maior visibilidade e impacto para suas publicações.

No que diz respeito aos autores, Brian Byrne, da Universidade da Nova Inglaterra, figura como o autor mais produtivo, embora haja outros pesquisadores com linha de pesquisa mais antiga e consolidada, mas que pararam de publicar. Tal dado evidencia a importância da continuidade e atualização nas linhas. As instituições com maior número de publicações concentram-se majoritariamente nos Estados Unidos, sendo a Universidade do Colorado a mais proeminente. O Brasil aparece entre os dez países com maior produção, o que sinaliza o esforço nacional na promoção do letramento científico, especialmente na área da genética, embora ainda haja desafios significativos na articulação entre pesquisa acadêmica e prática docente.

As redes de colaboração revelam grupos transnacionais bem estabelecidos, que contribuem para a construção do conhecimento na interface entre genética e aprendizagem, mesmo que, em alguns casos, os estudos se concentrem mais na correlação entre fatores genéticos e habilidades cognitivas do que especificamente no ensino da genética. Já as redes de cocitação identificam documentos e autores centrais para a fundamentação teórica da área, com destaque para estudos que abordam as dificuldades conceituais dos alunos, as compreensões equivocadas sobre genética e seus conceitos centrais, assim

como o essencialismo genético, fenômeno que, infelizmente, ainda permeia as representações sociais sobre temas como raça, gênero e saúde.

A análise de conteúdo dos resumos e palavras-chave reforça o caráter multidisciplinar da área, evidenciando a presença de termos associados à saúde, biotecnologia, desenvolvimento infantil e estratégias pedagógicas. A ênfase nas metodologias ativas, compreensão conceitual e inovação educacional indica que os estudos buscam não apenas diagnosticar lacunas, mas propor caminhos efetivos para o aprimoramento do ensino de genética.

A pesquisa apresenta limitações, especialmente no que se refere à representação exata e contextualizada da realidade em determinados locais, tendo em vista utilizar apenas uma base de dados. Contudo, seu propósito principal foi oferecer uma visão panorâmica da trajetória do ensino de genética, contribuindo com dados que possam orientar e fortalecer a atuação de docentes e pesquisadores comprometidos com o avanço da ciência e da educação genética.

Os dados obtidos contribuem para a identificação de tendências, lacunas e oportunidades no campo do ensino de genética, sinalizando caminhos para futuras investigações, além de subsidiarem possíveis melhorias nos processos de ensino e aprendizagem de genética, por meio da aplicação das sugestões propostas nos trabalhos analisados. Tendo em vista tais dados, uma possível linha de pesquisa futura consiste na análise do currículo de genética direcionado à formação inicial de professores de biologia, bem como na investigação da base de conhecimentos genéticos entre docentes da educação básica.

Em suma, o mapeamento pode ser de interesse de pesquisadores da área, docentes atuantes e futuros docentes, bem como de formuladores de políticas públicas educacionais na formulação de ações mais eficazes e integradas entre ciência, educação e sociedade.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, Susan M. et al. Advancing pharmacogenomics education in the core PharmD curriculum through student personal genomic testing. *American Journal of Pharmaceutical Education*, [S.l.], v. 80, n. 1, p. 1-8, fev. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4776296/>. Acesso em: 11 dez. 2024.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 959-975, nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>. Acesso em: 24 out. 2024.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. 4. ed. Lisboa: Edições 70, 2011.

BARROS, Caroline Tiane Both. *Análise cienciométrica do ensino de genética ao redor do mundo*. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Práticas Educacionais em Ciências e Pluralidade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25236>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BARROS, Grasiela Duarte; RIBEIRO, Ana Maria; SILVA, Daniela Marcondes Soares. O uso de recursos didáticos no ensino de genética: investigando as produções acadêmicas nacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABRAPEC, 2017. p. 1-9. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1784-1.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BASAK, Samir Kumar; WOTTO, Marguerite; BÉLANGER, Paul. E-learning, M-learning and D-learning: conceptual definition and comparative analysis. *E-Learning and Digital Media*, [S.l.], v. 15, n. 4, p. 191-216, jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/2042753018785180>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2042753018785180>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BIRKLE, Caroline et al. Web of Science as a data source for research on scientific and scholarly activity. *Quantitative Science Studies*, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 363-376, fev. 2020. DOI: [https://doi.org/10.1162/qss\\_a\\_00018](https://doi.org/10.1162/qss_a_00018). Disponível em: <https://direct.mit.edu/qss/article/1/1/363/15569/Web-of-Science-as-a-data-source-for-research-on>. Acesso em: 25 jan. 2022.

BOERWINKEL, Dirk Jan; YARDEN, Anat; WAARLO, Arend Jan. Reaching a consensus on the definition of genetic literacy that is required from a twenty-first-century citizen. *Science & Education*, [S.l.], v. 26, n. 10, p. 1087-1114, nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9934-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-017-9934-y>. Acesso em: 4 jan. 2025.

BORJI, Vahid; MARTÍNEZ-PLANELL, Rafael; TRIGUEROS, María. Students' geometric understanding of partial derivatives and the locally linear approach. *Educational Studies in Mathematics*, [S.l.], v. 115, n. 1, p. 69-91, mar. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10242-z>. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10242-z>. Acesso em: 4 jan. 2025.

CARVALHO, Ingrid Aparecida; PEREIRA, Mariana Borges Macedo; ANTUNES, José Eduardo. Proposta de jogo didático para o ensino de genética como metodologia ativa no ensino de biologia. *Revista Eletrônica de Educação*, [S.l.], v. 15, p. 1-14, jan./dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.14244/198271994506>. Disponível em: <http://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/4506/1201>. Acesso em: 4 jan. 2022.

CASAGRANDE, Gisele Lorenzetti. A genética humana no livro didático de biologia. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88524>. Acesso em: 18 jun. 2021.

CASTANHA, Renata Cristina Gutierrez; BUFREM, Leilah Santiago; BOCHI, Fernanda. Estudos relacionados de citação: cocitação, acoplamento bibliográfico e genealogia científica. In: GRÁCIO, Maria Cláudia Cabrini et al. (org.). *Tópicos da bibliometria para bibliotecas universitárias*. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 134-162. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=uFQzEAAAQBAJ>. Acesso em: 23 nov. 2021.

CATARINACHO, Ricardo Luiz. O ensino de genética com super-heróis: uma abordagem mutante na sala de aula. 2011. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://silo.tips/download/universidade-presbiteriana-mackenzie-centro-de-ciencias-biologicas-e-da-saude-cu-40>. Acesso em: 18 jun. 2021.

CHAGWIZA, Claidson Jere; MAHARAJ, Aneshkumar; BRIJLALL, Deonarain. Formulating a modified genetic decomposition for the concept of ‘limit of a sequence’. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, [S.l.], v. 24, n. 3, p. 333-347, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/18117295.2020.1839709>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/18117295.2020.1839709>. Acesso em: 19 dez. 2021.

CHRISTOPHER, Micaela E. et al. Genetic and environmental etiologies of the longitudinal relations between prereading skills and reading. *Child Development*, [S.l.], v. 86, n. 2, p. 342-361, mar./abr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/cdev.12295>. Disponível em: <https://srdc-onlinelibrary-wiley.ez110.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1111/cdev.12295>. Acesso em: 27 nov. 2021.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

DAR-NIMROD, Ilan; HEINE, Steven J. Genetic essentialism: on the deceptive determinism of DNA. *Psychological Bulletin*, [S.l.], v. 137, n. 5, p. 800-818, set. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0021860>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3394457/>. Acesso em: 29 nov. 2021.

DAUER, Jenny T. et al. Analyzing change in students’ gene to evolution models in college level introductory biology. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], v. 50, n. 6, p. 639-659, jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21094>. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez110.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1002/tea.21094>. Acesso em: 12 dez. 2021.



DONOVAN, Brian M. et al. Genomics literacy matters: supporting the development of genomics literacy through genetics education could reduce the prevalence of genetic essentialism. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], v. 58, n. 4, p. 520-550, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21670>. Disponível em: <https://doi-org.ez110.periodicos.capes.gov.br/10.1002/tea.21670>. Acesso em: 17 nov. 2021.

DONOVAN, Brian M. Playing with fire? The impact of the hidden curriculum in school genetics on essentialist conceptions of race. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], v. 51, n. 4, p. 462-496, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21138>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/tea.21138>. Acesso em: 10 dez. 2021.

DONOVAN, Brian M. Framing the genetics curriculum for social justice: an experimental exploration of how the biology curriculum influences beliefs about racial difference. *Science Education*, [S.l.], v. 100, n. 3, p. 586-616, fev. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21221>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sce.21221>. Acesso em: 10 dez. 2021.

DONOVAN, Brian M. Learned inequality: racial labels in the biology curriculum can affect the development of racial prejudice. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], v. 54, n. 3, p. 379-411, out. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21370>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/tea.21370>. Acesso em: 10 dez. 2021.

DOS SANTOS, Vanessa Cavalcanti; JOAQUIM, Leyla Mariane; EL-HANI, Charbel Niño. Hybrid deterministic views about genes in biology textbooks: a key problem in genetics teaching. *Science & Education*, [S.l.], v. 21, n. 4, p. 543-578, abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9348-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-011-9348-1>. Acesso em: 12 dez. 2021.

DOUGHERTY, Michael J. Closing the gap: inverting the genetics curriculum to ensure an informed public. *The American Journal of Human Genetics*, [S.l.], v. 85, n. 1, p. 6-12, jul. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2009.05.010>. Disponível em: [https://www.cell.com/ajhg/fulltext/S0002-9297\(09\)00208-7](https://www.cell.com/ajhg/fulltext/S0002-9297(09)00208-7). Acesso em: 12 dez. 2021.

DOUGHERTY, Michael J. et al. A comprehensive analysis of high school genetics standards: are states keeping pace with modern genetics? *CBE-Life Sciences Education*, [S.l.], v. 10, n. 3, p. 318-327, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1187/cbe.10-09-0122>. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.10-09-0122>. Acesso em: 12 dez. 2021.

DUNCAN, Ravit Golan; REISER, Brian J. Reasoning across ontologically distinct levels: students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], v. 44, n. 7, p. 938-959, set. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20186>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20186>. Acesso em: 29 nov. 2021.

DUNCAN, Ravit Golan; ROGAT, Aaron D.; YARDEN, Anat. A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], v. 46, n. 6, p. 655-674, ago. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20312>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.20312>. Acesso em: 11 dez. 2021.

DUNCAN, Ravit Golan; TSENG, Kok-Sing A. Designing project-based instruction to foster generative and mechanistic understandings in genetics. *Science Education*, [S.l.], v. 95, n. 1, p. 21-56, jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20407>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sce.20407>. Acesso em: 11 dez. 2021.

DUNCAN, Ravit Golan et al. Promoting middle school students' understandings of molecular genetics. *Research in Science Education*, [S.l.], v. 41, n. 2, p. 147-167, mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9150-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-009-9150-0>. Acesso em: 11 dez. 2021.

DUONG, Dat; SOLOMON, Benjamin D. Artificial intelligence in clinical genetics. *European Journal of Human Genetics*, [S.l.], v. 33, n. 3, p. 281-288, jan. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41431-024-01782-w>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41431-024-01782-w>. Acesso em: 4 jan. 2025.

FABRÍCIO, Márcia Fabiana Lopes et al. A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 1-21, jun. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172006080106>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/9YxZ8kJqW7kP5X6bZ8vWqPx/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FERRARO, Jussara Lopes de Sousa. Currículo, experimento e experiência: contribuições da educação em ciências. *Educação*, Porto Alegre, v. 40, n. 1, p. 106-114, jan./abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.15448/1981-2582.2017.1.22751>. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/faced/article/view/22751>. Acesso em: 29 nov. 2021.

FORMEA, Christine M. et al. Development and evaluation of a pharmacogenomics educational program for pharmacists. *American Journal of Pharmaceutical Education*, [S.l.], v. 77, n. 1, p. 1-8, fev. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5688/ajpe77110>. Disponível em: <https://www.ajpe.org/content/77/1/10>. Acesso em: 12 dez. 2021.

FREIDENREICH, Hava B.; DUNCAN, Ravit Golan; SHEA, Nicole. Exploring middle school students' understanding of three conceptual models in genetics. *International Journal of Science Education*, [S.l.], v. 33, n. 17, p. 2323-2349, nov. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.536997>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500693.2010.536997>. Acesso em: 11 dez. 2021.

GARCIA, Jefferson Oliveira et al. Pandemia da Covid-19 como fenômeno integral e central na educação em ciências. *HOLOS*, [S.l.], v. 37, n. 1, p. 1-14, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2021.11634>. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/11634>. Acesso em: 8 nov. 2021.

GOLBACH, Telma. Entre receitas, programas e códigos: as ideias sobre genes em diferentes contextos. 2006. Tese (Doutorado em Genética) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/download/37428/28750/124443>. Acesso em: 10 jun. 2021.

GOMES, Márcia Maria; SALLES, Sandra Escovedo; LOPES, Alice Casimiro. Currículo de ciências: estabilidade e mudança em livros didáticos. *Educação e Pesquisa*, [S.l.], v. 39, n. 2, p. 431-446, jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022013000200009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/Tw6H4zT8GKxwmQzrLy4WTzJ/>. Acesso em: 4 jan. 2022.

GOUVEIA, Leonardo Borges et al. Algoritmos genéticos: aplicando a teoria a um estudo de caso. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 21053-21077, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-320>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/25510/20315>. Acesso em: 20 nov. 2021.

HARLAAR, Nicole et al. Genetic influences on early word recognition abilities and disabilities: a study of 7-year-old twins. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, [S.l.], v. 46, n. 4, p. 373-384, abr. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00358.x>. Disponível em: <https://acamh.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-7610.2004.00358.x>. Acesso em: 29 nov. 2021.

HASKEL-ITTAH, Michal; DUNCAN, Ravit Golan; YARDEN, Anat. Students' understanding of the dynamic nature of genetics: characterizing undergraduates' explanations for interaction between genetics and environment. *CBE-Life Sciences Education*, [S.l.], v. 19, n. 3, p. 1-13, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0221>. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.19-11-0221>. Acesso em: 28 nov. 2020.

HASKEL-ITTAH, Michal et al. Reasoning about genetic mechanisms: affordances and constraints for learning. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], v. 57, n. 3, p. 342-367, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21595>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.21595>. Acesso em: 28 nov. 2020.

HASSAN, Saeed Ul; HADDAWY, Peter. Analyzing knowledge flows of scientific literature through semantic links: a case study in the field of energy. *Scientometrics*, [S.l.], v. 103, n. 1, p. 33-46, abr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1528-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-015-1528-3>. Acesso em: 25 nov. 2021.

HAWORTH, Claire M. A. et al. Understanding the science learning environment: a genetically sensitive approach. *Learning and Individual Differences*, [S.l.], v. 23, p. 145-150, fev. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.07.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1041608012001094>. Acesso em: 28 nov. 2021.

HERNÁNDEZ-TORRANO, Daniel; SOMERTON, Michelle; HELMER, Janet. Mapping research on inclusive education since Salamanca Statement: a bibliometric review of the literature over 25 years. *International Journal of Inclusive Education*, [S.l.], v. 26, n. 9, p. 893-912, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/13603116.2020.1747555>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13603116.2020.1747555>. Acesso em: 10 jun. 2021.

HILÁRIO, Carla Maria; FREITAS, José Luciano. Indicadores de colaboração científica: aspectos éticos, práticos e formas de mensuração. In: GRÁCIO, Maria Cláudia Cabrini et al. (org.). *Tópicos da bibliometria para bibliotecas universitárias*. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 71-93. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=uFQzEAAAQBAJ>. Acesso em: 23 nov. 2021.

HITA, Maria Guadalupe (org.). Raça, racismo e genética: em debates científicos e controvérsias sociais. Salvador: EDUFBA, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/32042/1/raca-racismo-e-genetica-repositorio.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2025.

HUANG, Mu-Hsuan; WANG, Zhenyuan; CHEN, Tzu-Chuen. Analysis on the theory and practice of industrial symbiosis based on bibliometrics and social network analysis. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 213, p. 956-967, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.131>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618338435>. Acesso em: 25 nov. 2021.

HWANG, Gwo-Jen et al. An enhanced genetic approach to optimizing auto-reply accuracy of an e-learning system. *Computers & Education*, [S.l.], v. 51, n. 1, p. 337-353, ago. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131507000577>. Acesso em: 20 nov. 2021.

INEP. Thesaurus Brasileiro da Educação. Brasília: INEP, 2020. Disponível em: [http://pergamum.inep.gov.br/pergamum/biblioteca/pesquisa\\_thesouro.php](http://pergamum.inep.gov.br/pergamum/biblioteca/pesquisa_thesouro.php). Acesso em: 10 ago. 2021.

JAMIESON, Amber; RADICK, Gregory. Genetic determinism in the genetics curriculum. *Science & Education*, [S.l.], v. 26, n. 10, p. 1261-1290, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9900-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-017-9900-8>. Acesso em: 11 dez. 2021.

KELLER, Johannes. In genes we trust: the biological component of psychological essentialism and its relationship to mechanisms of motivated social cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, [S.l.], v. 88, n. 4, p. 686-702, abr. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1037/0022-3514.88.4.686>. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F0022-3514.88.4.686>. Acesso em: 29 nov. 2021.

KRECHETOV, Igor; ROMANEKO, Vladimir. Implementing the adaptive learning techniques. *Voprosy Obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, [S.l.], n. 2, p. 252-277, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-2-252-277>. Disponível em: <https://vo.hse.ru/en/2020--2/373410249.html>. Acesso em: 22 nov. 2021.

LEITE, Maria Eliete Pereira. Reflexões sobre a pesquisa científica feminina: desafios em tempos de pandemia. *DIGITUS*, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 75-82, jan./abr. 2021. Disponível em: <https://geplat.com/digitus/index.php/rdg/article/view/16/10>. Acesso em: 8 nov. 2021.

LEWIS, Jenny; KATTMANN, Ulrich. Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, [S.l.], v. 26, n. 2, p. 195-206, fev. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069032000072782>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069032000072782>. Acesso em: 29 nov. 2021.

LOCK, Roger; MILES, Chris. Biotechnology and genetic engineering: students' knowledge and attitudes. *Journal of Biological Education*, [S.l.], v. 27, n. 4, p. 267-272, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.1993.9655347>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.1993.9655347>. Acesso em: 20 nov. 2021.

LUCKESI, Cipriano Carlos. O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem. Revista Pátio, Porto Alegre, v. 3, n. 12, p. 1-5, fev./abr. 2000. Disponível em: <https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2511.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2022.

MACEDO, Ana Filipa. Genética comportamental. In: MACEDO, Ana Filipa; PEREIRA, Ana Teresa; MADEIRA, Nuno. Psicologia na medicina. [S.l.]: LIDEL Edições Técnicas, 2018. p. 135-154. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/327230436\\_Psicologia\\_na\\_Medicina](https://www.researchgate.net/publication/327230436_Psicologia_na_Medicina). Acesso em: 19 nov. 2021.

MARBACH-AD, Gili; STAVY, Ruth. Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. Journal of Biological Education, [S.l.], v. 34, n. 4, p. 200-205, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655718>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2000.9655718>. Acesso em: 29 nov. 2021.

MARTÍNEZ, Miguel A. et al. Analyzing the scientific evolution of social work using science mapping. Research on Social Work Practice, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 257-277, fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177/1049731514522101>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1049731514522101>. Acesso em: 10 jun. 2021.

MELO, José Roberto; CARMO, Edson Marques. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. Ciência & Educação, Bauru, v. 15, n. 3, p. 592-611, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132009000300009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/3kKz8Y5L3q6kW4Y9kY9YkY9/>. Acesso em: 25 out. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa e mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.

MOURA, Josiane et al. Biologia/Genética: o ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174, jul./dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0367.2013v34n2p167>. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/13398>. Acesso em: 16 nov. 2021.

MUNSON, Amanda; PIERCE, Robin. Flipping content to improve student examination performance in a pharmacogenomics course. American Journal of Pharmaceutical Education, [S.l.], v. 79, n. 7, p. 1-7, set. 2015. DOI: <https://doi.org/10.5688/ajpe797103>. Disponível em: <https://www.ajpe.org/content/79/7/103>. Acesso em: 11 dez. 2021.

OLIVEIRA, Marli Luciano et al. Genética na TV: o vídeo educativo como recurso facilitador do processo de ensino aprendizagem. Experiências no Ensino de Ciências, Cuiabá, v. 7, n. 1, p. 27-42, maio 2012. Disponível em: [http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID172/v7\\_n1\\_a2012.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID172/v7_n1_a2012.pdf). Acesso em: 13 jun. 2021.

OLSON, Richard K. Genes, environment, and dyslexia: the 2005 Norman Geschwind memorial lecture. Annals of Dyslexia, [S.l.], v. 56, n. 2, p. 205-238, set. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11881-006-0010-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11881-006-0010-6>. Acesso em: 19 nov. 2021.



OLSON, Richard K. et al. Genetic and environmental influences on vocabulary and reading development. *Scientific Studies of Reading*, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 26-46, jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/10888438.2011.536128>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10888438.2011.536128>. Acesso em: 27 nov. 2021.

PEREIRA, Francisco Pires; ARAÚJO, Maria de Fátima Vieira. O ensino de genética na educação básica: revisão bibliográfica e produção de modelos didáticos. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2019. Disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2020/12/TCM-FRANCISCO-PIRES-PEREIRA.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2021.

PEREIRA, Mariana Aparecida; BARBOSA, Maria Lúcia de Oliveira. Ensino e educação especial: análise bibliométrica e metassíntese qualitativa da produção científica indexada na base Web of Science. *Revista Educação Especial*, Santa Maria, v. 33, p. 1-32, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984686X62288>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/3131/313162288050/html/>. Acesso em: 25 nov. 2021.

PEREIRA, Sueli de Souza; CUNHA, Jussara de Sousa; LIMA, Elaine Maria. Estratégias didático-pedagógicas para o ensino-aprendizagem de genética. *Investigações em Ensino de Ciências*, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 41-59, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p41>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p41>. Acesso em: 16 nov. 2021.

PETRILL, Stephen A.; WILKERSON, Bessie. Intelligence and achievement: a behavioral genetic perspective. *Educational Psychology Review*, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 185-199, jun. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009023415516>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009023415516>. Acesso em: 19 nov. 2021.

PIRES, Daniela Ferreira; SILVA, José Roberto de França; BARBOSA, Maria Lúcia de Oliveira. Rotação por estações no ensino de embriologia: uma proposta combinando modelos tridimensionais e o ensino híbrido. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, [S.l.], v. 20, n. 43, p. 415-436, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.21703/0718-5162.v20.n43.2021.024>. Disponível em: <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/862/681>. Acesso em: 19 nov. 2021.

PLOMIN, Robert; KOVAS, Yulia. Generalist genes and learning disabilities. *Psychological Bulletin*, [S.l.], v. 131, n. 4, p. 592-617, jul. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.4.592>. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F0033-2909.131.4.592>. Acesso em: 29 nov. 2021.

POLLACK, Jeffrey; ADLER, Diana. Emergent trends and passing fads in project management research: a scientometric analysis of changes in the field. *International Journal of Project Management*, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 236-248, jan. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.04.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786314000664>. Acesso em: 18 nov. 2021.

PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES. Acervo: Web of Science – Coleção Principal. Brasília: CAPES, 2000. Disponível em: [https://www-periodicos-capes-gov-br.ez110.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com\\_pcollection&Itemid=105](https://www-periodicos-capes-gov-br.ez110.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pcollection&Itemid=105). Acesso em: 22 out. 2021.



PRICE, R. Michael et al. The genetic drift inventory: a tool for measuring what advanced undergraduates have mastered about genetic drift. *CBE-Life Sciences Education*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 65-75, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1187/cbe.13-08-0159>. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.13-08-0159>. Acesso em: 12 dez. 2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1lp5R-RyTrt6X8UPoq2jJ8gO3UEfM\\_JJd/view](https://drive.google.com/file/d/1lp5R-RyTrt6X8UPoq2jJ8gO3UEfM_JJd/view). Acesso em: 25 nov. 2021.

REMSBERG, Carolyn M. et al. Design, implementation, and assessment approaches within a pharmacogenomics course. *American Journal of Pharmaceutical Education*, [S.l.], v. 81, n. 1, p. 1-11, fev. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5688/ajpe81111>. Disponível em: <https://www.ajpe.org/content/81/1/11>. Acesso em: 12 dez. 2021.

SADLER, Troy D. Evolutionary theory as a guide to socioscientific decision-making. *Journal of Biological Education*, [S.l.], v. 39, n. 2, p. 68-72, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655964>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2005.9655964>. Acesso em: 20 nov. 2021.

SAGUN, Regina D.; PRUDENTE, Maricar. Applying the plan-do-study-act (PDSA) action research model to re-structure the science classroom conforming to the metacognitive orientation standards. *Educational Action Research*, [S.l.], v. 30, n. 4, p. 1-17, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/09650792.2021.1894964>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09650792.2021.1894964>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SANTANA, Vanessa Cristina; OLIVEIRA, Cleidson Rodrigues; RAMOS, Ricardo Batista. First-year students' perceptions of team-based learning in a new medical genetics course. *Revista Brasileira de Educação Médica*, [S.l.], v. 43, n. 3, p. 170-177, maio 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v43n3RB20180176>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbem/a/Hjq49WmRRHZVzqXBYGnxnMN/>. Acesso em: 19 dez. 2021.

SANTOS, Flávia de Souza et al. Interlocução entre neurociência e aprendizagem significativa: uma proposta teórica para o ensino de genética. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 149-182, maio/ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3895/rbect.v9n2.3947>. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/3947>. Acesso em: 13 jun. 2021.

SENER, Nilay; TURK, Cumhur; TAS, Erol. Improving science attitude and creative thinking through science education project: a design, implementation and assessment. *Journal of Education and Training Studies*, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 57-67, jul. 2015. DOI: <https://doi.org/10.11114/jets.v3i4.771>. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1067255.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

SHEA, Nicole A.; DUNCAN, Ravit Golan; STEPHENSON, Celeste. A tri-part model for genetics literacy: exploring undergraduate student reasoning about authentic genetics dilemmas. *Research in Science Education*, [S.l.], v. 45, n. 4, p. 485-507, ago. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9433-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-014-9433-y>. Acesso em: 13 dez. 2021.

SILVA, Daniela Dias; ALMEIDA, Cláudia Cristina; GRÁCIO, Maria Cláudia Cabrini. Associação do fator de impacto e do índice h para a avaliação de periódicos científicos: uma aplicação no campo da Ciência da Informação. Em Questão, Porto Alegre, v. 24, n. 6, p. 132-151, 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/article/view/86489>. Acesso em: 9 nov. 2021.

SILVA, Maria Aparecida dos Santos et al. Utilização de recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de Ciências Naturais em turmas de 8º e 9º anos de uma escola pública de Teresina no Piauí. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. Anais... Palmas: IFTO, 2012. Disponível em: <https://propri.iftto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/3849>. Acesso em: 13 jun. 2021.

SPETH, Elena B. et al. Introductory biology students' conceptual models and explanations of the origin of variation. CBE-Life Sciences Education, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 529-542, set. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1187/cbe.14-02-0020>. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.14-02-0020>. Acesso em: 12 dez. 2021.

SPRINGER, John A. et al. Pharmacogenomics training using an instructional software system. American Journal of Pharmaceutical Education, [S.l.], v. 75, n. 2, p. 1-7, mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5688/ajpe75232>. Disponível em: <https://www.ajpe.org/content/75/2/32>. Acesso em: 11 dez. 2021.

SUELA, Sandra Cristina; MORETO, Edna Regina; FREITAS, Rosana Regina. Bibliometria e seus métodos de pesquisa: um estudo nas bases de dados Scopus e Web of Science. Revista FSA, Teresina, v. 18, n. 6, p. 151-168, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.12819/2021.18.6.8>. Disponível em: <http://www4.unifsa.com.br/revista/index.php/fsa/article/view/2302/491492842>. Acesso em: 22 out. 2021.

THOMPSON, David F.; WALKER, Curtis K. A descriptive and historical review of bibliometrics with applications to medical sciences. Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy, Lenexa, v. 35, n. 6, p. 551-559, maio 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/phar.1586>. Disponível em: <https://accpjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/phar.1586>. Acesso em: 10 jun. 2021.

THOMPSON, Heather J.; BROOKS, Mary V. Genetics and genomics in nursing: evaluating essentials implementation. Nurse Education Today, [S.l.], v. 31, n. 6, p. 623-627, ago. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2010.10.023>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21093123/>. Acesso em: 13 dez. 2021.

THURTLIE-SCHMIDT, Deborah M.; LO, Te-Wen. Molecular biology at the cutting edge: a review on CRISPR/Cas9 gene editing for undergraduates. Biochemistry and Molecular Biology Education, [S.l.], v. 46, n. 2, p. 195-205, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/bmb.21108>. Disponível em: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bmb.21108>. Acesso em: 12 dez. 2021.

UNESCO. UNESCO Thesaurus. [S.l.]: UNESCO, 2020. Disponível em: <http://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/en/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

VALENTE, José Armando. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. *Educar em Revista*, [S.l.], v. 4, p. 79-97, ago. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-4060.36757>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/er/a/GLd4P7sVN8McLBcbdQVyZyG/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

WILKES, Michael S. et al. Increasing confidence and changing behaviors in primary care providers engaged in genetic counselling. *BMC Medical Education*, [S.l.], v. 17, n. 163, p. 1-8, set. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-017-0982-4>. Disponível em: <https://bmcmmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-017-0982-4>. Acesso em: 11 dez. 2021.

WILLIAMS, Michelle et al. Exploring middle school students' conceptions of the relationship between genetic inheritance and cell division. *Science Education*, [S.l.], v. 96, n. 1, p. 78-103, jan. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20465>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sce.20465>. Acesso em: 11 dez. 2021.