



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO - MESTRADO EM GENÉTICA

**DINÂMICA COLABORATIVA ENTRE AUTORES E PAÍSES NO
ENSINO DE GENÉTICA
LARISSA ARANTES MATOS**

GOIÂNIA - GOIÁS

2019

LARISSA ARANTES MATOS

**DINÂMICA COLABORATIVA ENTRE AUTORES
E PAÍSES NO ENSINO DE GENÉTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Mestrado em Genética – MGene da Pontifícia
Universidade Católica, como parte das exigências para a
obtenção do título de Mestra em Genética

Orientador: Prof^{fa}. Dr^a. Mariana Pires de Campos Telles

Co-Orientador: Me. Rhewter Nunes

GOIÂNIA/GOIÁS

Março, 2019



**PUC
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE POS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

Av. Universitária, 1069 ● Setor Universitário
Caixa Postal 86 ● CEP 74605-010
Goiânia ● Goiás ● Brasil
Fone: (62) 3946.1070 ● Fax: (62) 3946.1070
www.pucgoias.edu.br ● prope@pucgoias.edu.br

ATA COMPLEMENTAR Nº 151/2019

MESTRADO EM GENÉTICA DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

DISCENTE: LARISSA ARANTES MATOS

DEFENDIDA EM 20 DE MARÇO DE 2019 e aprovada COM CONCEITO...A...

O título foi alterado () não (x)sim Dinâmica laborativa entre
autores e países no ensino de genética

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Mariana Pires de Campos Telles
PUC Goiás (Presidente)

Profa. Dra. Flávia Melo Rodrigues
PUC Goiás

Profa. Dra. Vanessa Bernardes
SESC

M433d Matos, Larissa Arantes
Dinâmica colaborativa entre autores e países no ensino
de genética / Larissa Arantes Matos.-- 2019.
54 f.: il.

Texto em português, com resumo em inglês
Dissertação (mestrado) -- Pontifícia Universidade
Católica de Goiás, Escola de Ciências Agrárias e Biológicas,
Goiânia, 2019
Inclui referências: f. 44-54

1. Genética - Estudo e ensino. 2. Genética - Pesquisa.
3. Pesquisadores. I.Telles, Mariana Pires de Campos.
II.Nunes, Rhewter. III.Pontifícia Universidade Católica
de Goiás - Programa de Pós-Graduação em Genética -
2019. IV. Título.

CDU: Ed. 2007 -- 575(043)

Dedico esse trabalho ao meu esposo André Costa Aciole da Silva que me suportou ao longo desses dias intensos.

Aos meus pais que me ensinaram com seu amor.

As minhas filhas Alice Arantes Aciole e Eva Arantes Aciole.

Agradecimentos

À CAPES, pelo seu programa suporte à pós-graduação de instituições de ensino particulares (PROSUP), sem esse apoio, sem dúvida não seria possível concluir os meus estudos, que serão devolvidos com dedicação a sociedade.

À Pontifícia Universidade Católica de Goiás, desde a direção, administração e todo o corpo docente.

À minha orientadora, Professora Dra. Mariana Pires de Campos Telles, pela sua orientação e também pelas palavras de apoio. Sem ela não teria entrado na pós-graduação, pois contei com seu incentivo e nem teria desenvolvido o trabalho.

Ao coorientador Rhewter Nunes por todo auxílio, pela parceria e envolvimento na coleta e análise dos dados.

À Deus e a minha amada mãe do céu.

Aos meus pais, Sheila Maria Arantes Matos e Dioberto Carvalho Arantes, ao meu esposo, André Costa Aciole da Silva, pelo seu companheirismo e suporte nesse período. Às minhas filhas Alice Arantes Aciole e Eva Arantes Aciole, à minha irmã Roberta Arantes Matos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO.....	10
REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
1) Aspectos históricos e conceituais sobre educação e ensino de genética.....	13
2) As produções científicas e as estratégias de ensino em genética.....	15
3) Estudos cienciométricos e as possibilidades de aplicação no campo de ensino de genética.....	22
4) <i>Web of Science</i> e <i>bibliometrics</i> para produção de trabalhos cienciométricos.....	23
OBJETIVOS.....	24
Objetivo Geral	24
Objetivos Específicos	24
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Eventos-chave na história da genética.....	19
Tabela 2 - Revistas com maiores números de publicações sobre Ensino de Genética da plataforma da Web of Science.....	28
Tabela 3 - Países com trabalhos mais citados sobre Ensino de Genética.....	33
Tabela 4 - Palavras-chave e palavras-chave-adicionais mais relevantes encontradas nos trabalhos sobre Ensino de Genética.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação temporal no número de publicação sobre Ensino de Genética entre 1947 e 2018.	27
Figura 2 - Países que mais publicam sobre Ensino de Genética e número de artigos publicados entre 1947 e 2018.	29
Figura 3 - Relação entre número de citação e a média de citação por ano dos autores que trabalham Ensino de Genética na Web of Science.	31
Figura 4 – Mapa de colaboração entre países sobre Ensino de Genética indexados na <i>Web of Science</i> entre 1947 e 2018	34
Figura 5 - Rede de cocitação demonstrando as relações entre os autores que trabalham sobre ensino de genética.	36
Figura 6 - Rede de citação direta entre autores. As setas apontam a direção de quem fez a citação para a pessoa citada sobre ensino de genética.	38
Figura 7 – Rede de palavras-chave de autores que publicam sobre ensino de genética na <i>Web of Science</i> entre 1947 a 2018.	41
Figura 8 - Rede de palavras-chave e palavras-chave adicionais que ocorrem simultaneamente sobre ensino de genética.	42

RESUMO

Os avanços na genética têm aumentado a preocupação com relação ao ensino sobre os temas associados à genética, que engloba diversas interfaces com outras áreas do saber e que tem muita implicação na sociedade. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi compreender a formação de redes colaborativas de produção científica entre autores e países que produzem sobre ensino de genética em artigos presentes na base de dados da *Web of Science* nos períodos entre 1947 até 2018. As palavras “*genetic*” ou “*genetics*” foram combinadas com as palavras “*teaching*”, “*course*”, “*class*”, “*lectures*” ou “*education*” para compor os termos de busca. Os dados tabulados foram analisados no pacote Bibliometrix da plataforma R. Um total de 626 artigos sobre ensino de genética foram levantados no período estudado. Foi possível observar um crescimento importante na produção de artigos no decorrer desses anos. Esses artigos estão publicados em 139 periódicos. Os Estados Unidos apresentaram a maior quantidade de publicação sobre ensino de genética e é o segundo país mais citado. O Brasil se encontra em quarto lugar no número de publicações. Um total de 1604 autores publicaram artigos que discutem sobre o ensino de genética. Apenas 145 artigos apresentam um único autor. Dentre os autores que se destacam em publicação estão Knight Jk, Hawley S, Morris J, Pokrywka N e Smith Mk. Os cinco primeiros países que apresentam artigos mais citados sobre ensino de genética são: Austrália, Estados Unidos, Israel, Reino Unido e Espanha. Os resultados permitiram compreender e levantar um panorama sobre onde estão sendo realizadas as discussões na área de ensino de genética, revelando onde as diversas frentes de pesquisas nessa área estão sendo realizadas no mundo.

Palavras chave: Ciênciometria; Colaboração de autoria; Educação.

ABSTRACT

Advances in genetics have increased the concern about teaching about the themes associated with genetics, which encompasses several interfaces with other areas of knowledge and that has a lot of implication in society. In this context, the objective of the present study was to understand the formation of collaborative networks of scientific production between authors and countries that produce on genetic teaching in articles present in the Web of Science database between 1947 and 2018. The words "*genetic*" or "*genetics*" were combined with the words "*teaching*", "*course*", "*class*", "*lectures*" or "*education*" to compose the search terms. Tabulated data were analyzed in the Bibliometrix package of the R platform. A total of 626 articles on genetics teaching were collected during the study period. It was possible to observe a significant growth in the production of articles during the years. These articles are published in 139 journals. The United States has had the largest amount of publication on genetics teaching and is the second most cited country. Brazil ranks fourth in the number of publications. A total of 1604 authors published articles discussing the teaching of genetics. Only 145 articles have a single author. Among the authors who stand out in publication are Knight Jk, Hawley S, Morris J, Pokrywka N and Smith Mk. The top five countries with the most cited articles on genetics teaching are: Australia, United States of America, Israel, United Kingdom and Spain. The results allowed to understand and to get an overview of where the discussions in the area of genetic teaching are being held, revealing where the several fronts of research in this area are being carried out in the world.

Keywords: Cienciometric; Authorship collaboration; Education.

INTRODUÇÃO

A pouco mais de 100 anos surgiu a ciência da genética e desde então ela vem alterando a concepção do homem sobre o entendimento da vida. Gregor Mendel em 1866, demonstrou que os genes se comportavam como partículas, porém durante mais de 30 anos suas implicações ficaram adormecidas. A redescoberta de suas leis em 1900, levou a uma nova era a respeito da natureza do gene e do fluxo de informação genética dentro da célula que acarretaram um grande fluxo de conhecimento. Os geneticistas reconheceram que os genes estão localizados em cromossomos e são feitos de DNA. E que dentro da célula os genes codificam proteínas e conduzem todo o trabalho enzimático (Griffiths, 2016).

Genética é a ciência que estuda a herança transmitida de uma geração para a outra, sendo essencial para a compreensão de processos biológicos como a evolução dos organismos. É um campo com rápida expansão e novas aplicações sendo descobertas diariamente (Gupta, 2010).

A genética é a área da biologia que estuda a transmissão do material genético ao longo de gerações, sua natureza química e modo de ação na célula. A genética têm sido base para o desenvolvimento de outras áreas como a biotecnologia, que usa seres vivos para obtenção de produtos de interesse humano (Lopes S. et al, 2013).

Quando em 1905, Willian Bateson, criou a palavra genética e a descreveu como o estudo da hereditariedade e variação ele descreveu a genética como:

A ciência da hereditariedade logo dará poder em uma escala estupenda; e, em algum país, em algum momento, talvez não muito distante, esse poder será aplicado para controlar a composição de uma nação. Se, em última análise, a instituição desse controle virá a ser um bem ou um mal para essa nação ou para a humanidade como um todo é uma questão distinta. (Bateson, 1905)

Como a genética é uma área da ciência com grande repercussão midiática, científica e tecnológica ela é indispensável na inserção dos saberes. Dessa forma o professor de genética, assim como o professor de Biologia e Ciências no Ensino Básico, assume um papel que exige uma boa relação entre conteúdo, fontes de informação e práticas do processo de ensino-aprendizagem (Yang, 2017). Esse conjunto de preceitos

embasados em um raciocínio crítico e argumentativo, retornam a sociedade com consequências éticas, sociais e morais (Reis et al., 2010)¹.

As problemáticas a respeito do ensino de genética vão desde os conceitos, mal explicados e compreendidos, que perpassam o ensino, até as metodologias para ensinar o conteúdo (David, 2018). Fatores como a falta de atualizações dos conteúdos, melhoria na formação inicial e continuada dos professores, fragmentação dos conceitos biológicos e genéticos em livros didáticos são problemáticas alçadas por uma gama de publicações que tratam do tema. Conceitos básicos, como gene, cromossomo, os processos de mitose e de meiose e suas finalidades, não são compreendidos pelos estudantes ao final dos anos de escolaridade obrigatória (Carneiro e Gastal et al. 2005, Goldbach & El-Hani, 2008; Kin et al, 2010; Oliveira, 2011; Price et al, 2018).

Somando-se ao fato de que muitos conceitos básicos de genética são trabalhados de forma tradicional e reducionista, há também que se considerar que existe uma maior dificuldade na compreensão de conceitos que exigem maior abstração do conteúdo (Jamieson, 2017). Além disso, deve-se ponderar as possíveis aplicabilidades da aprendizagem de genética no cotidiano do aluno, para que a compreensão dos conceitos biológicos saia de meios puramente envolvidos nas aprendizagens tradicionais, para as vias disponíveis de tecnologias digitais relacionando o conhecimento com a aplicabilidades do dia a dia (Pereira, 2008; Van Rooy, 2017; Arnold et al, 2017).

Outro aspecto a ser levado em consideração é a importância e o papel da História da Ciência. É com o estudo do processo histórico que melhor se fundamenta o conhecimento. O que é fundamental na construção de uma aprendizagem efetiva e que deve ser contemplada no ensino de Genética. A própria descoberta da molécula tridimensional do DNA, pode ser recontada a partir de James Watson e Francis Crick, em 1953, ou através do papel de Rosalind Franklin (Dai & Rudge, 2018). Essa dinâmica, que envolve a narrativa dos percursos históricos na produção do conhecimento melhoram a aprendizagem já que o estudante retoma os passos do descobrimento daquele conhecimento (Sheid, 2008).

¹ Exemplo de como este tema aparece na sociedade temos o recente caso do cientista chinês He Jiankui que, em 26 de Novembro de 2018, afirmou ter editado os genes de crianças gêmeas nascidas naquele país por meio da técnica como CRISPR-cas9. O uso da técnica, segundo o cientista, teria desenvolvido nas crianças a capacidade de resistir a uma infecção futura pelo HIV. A atitude do cientista gerou (e vem gerando) um debate acalorado sobre a ética e sobre as consequências desse ato para a ciência.

Dessa forma, em uma sociedade que a demanda pelos conhecimentos e ferramentas da genética é uma realidade rotineira em variadas atividades como na criminalísticas, agricultura, melhoramento de organismos e saúde, o ensino de genética tem caráter de letramento científico. Sua apreensão capacita os indivíduos para o entendimento das dinâmicas dos organismos e das escolhas na sociedade como um todo (De Beer et al, 2018). Assim, entendemos que é importante a melhor compreensão da formação de redes colaborativas de produção científica entre autores e países que produzem sobre ensino de genética. Nosso estudo baseou-se no levantamento e tratamento cienciométrico dos artigos presentes na base de dados da *Web of Science* nos períodos entre 1947 até julho de 2018. Arrolar as pesquisas que tem como base o ensino de genética nos permitiu perceber como criou-se o que estamos entendendo como uma rede colaborativa entre países e autores. Ao mesmo tempo pudemos identificar os principais autores, temas mais abordados nos artigos assim como os países que mais produzem e colaboram com a discussão do tema.

Assim, com o crescimento, em termos quantitativos, de pesquisas na área do ensino de genética é necessário avaliar periodicamente o alcance dos estudos realizados num determinado período de tempo. Utilizar o trabalho cienciométrico é uma maneira para levantar de forma geral os trabalhos que estão sendo produzidos. Dessa forma na medida em que o número de pesquisas é elaborado é importante ter um panorama desses estudos para poder estabelecer tendências e indicar novas direções a serem conjecturadas e propostas a serem seguidas (Sangam et al, 2014; Aria e Cuccurullo, 2017).

REFERÊNCIAL TEÓRICO

1) Aspectos sociais e educacionais que comprometem o ensino de genética

As revoluções científica e tecnológica da modernidade dos séculos XVIII, XIX e XX e a própria revolução da microbiologia entre outras, tem gerado competitividade mundial, o que implica mudanças na aprendizagem, produção, na qualidade da formação de recursos humanos .Por isso podemos afirmar que a educação escolar, a própria escola assim como qualquer órgão, instituição formativa de cunho formal ou informal, que possa ser compreendido como instituição socioeducativa, passa por uma transformação intensa, cooperada por uma sociedade dita: sociedade do conhecimento, tecnológica, ou sociedade técnico-informal. Saber ciência, na atualidade e neste contexto, assume uma relevância social ainda mais profunda. Desconhecer elementos básicos que fundamentam o saber produzido com critérios científicos pode ter implicações concretas na inserção dos estudantes no mundo do trabalho (Libâneo, 2012; Silva, 2014; Libâneo 2016; Da Fonseca et al., 2019)

O Ministério da Educação, por meio do Conselho Nacional de Educação, em seu Conselho Pleno, homologou a Resolução N° 2, de 1º de julho de 2015². Importa destacar que a referida resolução foi elaborada dentro do ambiente que originou o Plano Nacional de Educação (PNE) em 2014³ e que, portanto, deve ser entendida como parte de um esforço para melhorar índices educacionais no Brasil desde a educação infantil alcançando a pós-graduação. A referida resolução buscava redefinir as diretrizes curriculares para formação inicial e continuada dos cursos de formação de professores. Uma de suas determinações foi garantir o aumento da carga horária dos cursos de licenciatura e magistério na tentativa de implementar a propagação do conhecimento científico, tecnológico e educacional. O artigo 13 estabeleceu que os cursos de formação inicial de professores devem ter:

I - 400 (quatrocentas) horas de prática como componente curricular, distribuídas ao longo do processo formativo;

² A referida resolução poderá ser consultada na íntegra em: < <http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2017-pdf/70431-res-cne-cp-002-03072015-pdf/file> > Acesso em 29/11/2018.

³ O Plano Nacional de Educação foi instituído pela Lei 13.005 de 25 de Junho de 2014 e estabeleceu 20 metas e cerca de 254 estratégias para garantir o cumprimento do que foi definido no corpo da lei. O PNE pode ser consultado em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2014/lei-13005-25-junho-2014-778970-publicacaooriginal-144468-pl.html> > Acesso em 29/11/2018.

II - 400 (quatrocentas) horas dedicadas ao estágio supervisionado, na área de formação e atuação na educação básica, contemplando também outras áreas específicas, se for o caso, conforme o projeto de curso da instituição;

III - pelo menos 2.200 (duas mil e duzentas) horas dedicadas às atividades formativas estruturadas pelos núcleos definidos nos incisos I e II do artigo 12 desta Resolução, conforme o projeto de curso da instituição;

IV - 200 (duzentas) horas de atividades teórico-práticas de aprofundamento em áreas específicas de interesse dos estudantes, conforme núcleo definido no inciso III do artigo 12 desta Resolução, por meio da iniciação científica, da iniciação à docência, da extensão e da monitoria, entre outras, consoante o projeto de curso da instituição. (BRASIL, 2015)

Aqui devemos nos perguntar: qual é o propósito desta Resolução e do PNE? A resposta imediata é que se pretendia dar melhor formação inicial aos estudantes de licenciaturas que serão futuros docentes. Ampliando as horas de atividades no estágio supervisionado, nas atividades de prática como componente curricular, nas atividades formativas e de atividades teórico-práticas, pretende-se capacitar os futuros docentes desenvolvendo técnicas, competências, habilidades para promover a melhor escolarização e re-escolarização dos saberes acadêmicos. Assim como pretende-se capacitar os futuros docentes a atuar de forma mais eficiente em uma sociedade em transformação.

Importante destacar que vários fatores colaboraram para as transformações que hoje vemos em nossa sociedade. Mas, gostaria de indicar um destes fatores: acesso à informação e tecnologia. As informações trazidas pela tecnologia devem despertar, na escola a percepção, tanto dos docentes como dos discentes, de que as mídias constituem-se como um veículo de formação tão participativo e relevante quanto as instituições religiosas e familiares (Fischer, 2002; Alves et al., 2019).

No atual cenário, de uma sociedade que se autodenomina “sociedade da informação”, onde as informações circulam com maior rapidez pelos dispositivos móveis, aplicativos e redes sociais, é importante considerar o impacto e a relevância da tecnologia na formação do imaginário dos cidadãos (Fraga, 2011; Van Rooy, 2017). Dessa forma, não é incomum na vida cotidiana, que tenhamos que nos deparar com pontos polêmicos que requerem pré-saberes para um posicionamento. Vejamos, apenas a título de exemplo, o tema do próprio uso de transgênicos e suas implicações na saúde, produção, nos preços de produtos, na tomada de decisão de consumir, ou não, alimentos geneticamente modificados (Boccia, 2019). Para esses e entre outros temas, devem ser promovidos

debates, projetos e métodos diferenciados no ensino- aprendizagem que possa permitir ao docente em formação avaliar o avanço da argumentação, posicionamento e conscientização dos estudantes (Brasil, 2006).

Outra questão relacionada a educação e o ensino de genética é o combate proativo do uso de pesquisa genéticas para fins racistas, classistas ou desiguais na humanidade (Martschenko, 2018). Haja visto os problemas que já foram gerados na humanidade. Recordemos o nazismo e a sua “higiene racial”, ou mesmo, antes em 1912 onde o alemão Alfred Ploetz afirmava que a limpeza genética da raça era como a limpeza física de um organismo. Verdadeiros adoradores da eugenia, termo este criado em 1883 por Francis Galton e significa "bem nascido" (Mukherjee, 2016).

2) As produções científicas e as estratégias de ensino em genética

A genética é a ciência que estuda a herança (Griffiths et al, 2016). Compreender tal ciência é penetrar nos conhecimentos sobre o DNA e as moléculas que interagem com ela. Soma-se a isso abarcar os avanços tecnológicos ligados a genômica que se desenvolve a cada dia. Procedimentos como aconselhamento genético, fertilização *in vitro*, teste de paternidade, sequenciamento de genes e genomas, transgenia, aplicada especialmente no controle de pragas e produção de alimentos, são alguns exemplos de temas contemporâneos que estão nos mais diversos meios de comunicação (Fávaro et al., 2003). No curso de Ciências Biológicas (tanto em bacharelados como nas licenciaturas), que se trata do estudo da vida, a genética então está associada a todas as linhas de conhecimento (Kreuser e Massey, 2002).

Muitas dificuldades na área da Genética perpassa por uma aprendizagem falha associada pela falta de capacidade de relacionar essa ciência contemporânea com o cotidiano do aprendiz e pela grande quantidade de conceitos que desafiam as compreensões dos alunos (Goldbach e Macedo, 2008). Compete ao professor o domínio da linguagem científica além de ser capaz de identificar fontes adequadas e realizar uma leitura confiável (Góes et al.,2014).

Muitas dessas problemáticas moram nos próprios planos de ensino, ainda que possamos encontrar bons referenciais teóricos nos programas de ensino – e eles existem. Muitos dos debates promovidos na academia, não alcançam as salas de aula e os cursos de formação continuada de professores. Assim, na formação dos docentes, tanto na

formação inicial quanto na formação continuada, praticamente não são incluídos ou relacionados os ensinamentos dos assuntos do dia-a-dia e de interesse utilitário da ciência, como uso de alimentos geneticamente modificados (Krasilchick, 2008). E essa preocupação deve estar presente visto que os docentes, que atuam na Educação do fundamental e mesmo os docentes do Ensino Superior, volta e meia, são colocados diante de desafiadora pergunta dos estudantes, havidos por entender a utilidade daquele saber: “- Professor(a), por que tenho que estudar isso? Por que isso é importante?”.

Além disso, questões conceituais, como a dinâmica do conceito de gene, termo muito utilizado no ensino de genética, é outra dificuldade. Existe uma mudança ao falar em gene dentro da genética moderna e da genética clássica, isso é um gargalo no ensino. Seja em sala de aula, na divulgação científica, ou na mídia é preciso ser deixado de lado apenas o conceito clássico de gene (unidade linear estrutural e funcional no genoma), associando aos elementos que denotem sua compreensão ampla dos genomas assim como a análise de moléculas de DNA e seu processamento pelas células, que também conceituam a palavra gene (Goldbach e El-Hani, 2008).

Outro exemplo é próprio conceito do DNA. Compreender o que é o DNA, visualizar a forma de uma dupla hélice, entender o que são bases nitrogenadas e o papel dos fosfatos, identificar sua composição e interações, sem falar de um centena de número de outros termos, exige uma capacidade de abstração muito apurada dos estudantes. Nesse sentido, vários trabalhos vêm demonstrando a importância de incorporar ferramentas de ensino que complemente e até embase a aprendizagem. As atividades em laboratórios contribuem bastante, não só pelo interesse prático, mas, acima de tudo, pela manipulação da ciência (Ben-Num & Yarden, 2010). Vários outros modelos, que envolvem a prática, vem sendo desenvolvidos em laboratório e tem ganhado ênfase garantindo uma melhor aprendizagem já que garantem também uma relação direta com o cotidiano (Nam, 2018).

Além dos grandes problemas conceituais e suas dinâmicas é importante compreender que o conhecimento científico foi e é edificado em uma dinâmica histórica. Conhecer e compreender esse processo implica entender a história dos erros e acertos coletivos que construíram o saber de que hoje se comunga no conhecimento transmitido nas salas de aulas. Na genética não é diferente. Portanto, é necessário também conhecer a história da formação dessa ciência. É necessário introduzir, na formação de professores

e alunos, a História da Ciência (Scheid et al. 2008, Carneiro e Gastal et al. 2005, Kin et al. 2010).

Uma das três obras mais utilizadas, nas referências básicas dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas de Goiás, para o ensino de genética é o Griffiths (Vale, 2018). Para Griffiths, a aprendizagem dos capítulos deve seguir uma cronologia das descobertas realizadas ao longo das décadas subsequentes (Griffiths, 2016). Para tanto, o autor se esforçou em construir uma tabela com informações que permitem aos leitores associar os temas tratados em cada capítulo com o(s) evento(s) mais importante(s) da história da genética (Tabela 1).

Vemos que, para Griffiths, compreender todo o saber construído no campo da genética associa-se ao entendimento da história dessa ciência. Isso implica em ter consciência de que as dificuldades em adquirir um modelo cognitivo mental coerente daquilo que se estuda em genética vem da falta dessa contextualização histórica no ensino (Scheid et al. 2005, Carneiro e Gastal et al. 2005, Kin et al. 2010).

Portanto, os desafios a respeito do ensino de genética são um abrolho de fatores que vão, como vimos, desde a aprendizagem dos conceitos, que perpassam os pesares e dificuldades do ensino brasileiro chegando até o debate sobre os meios de ensinar como o próprio livro didático que serve como apoio pedagógico.

Dessa forma o livro didático deve ser considerado um ponto relevante nesse processo. Em uma análise a respeito dos livros didáticos de biologia para o ensino médio que incluíram países como Brasil, Suécia, Austrália, Canadá, Estados Unidos e Grã-Bretanha foi observado problemas nos discursos conceituais. Um dos conceitos era o “gene”, retratado muitas vezes, a perspectiva determinista clássica e nem um pouco situado nas suas mudanças sofridas durante a história (Gericke et al., 2012).

No trabalho intitulado “*Mendel or Molecules First: What is the Best Approach for Teaching General Genetics?*” a comparação entre metodologias de ensino demonstrou que a problemática maior da aprendizagem em genética está em um bom material e nas habilidades do aluno desenvolver sua redação, conseguir fazer uma análises dissertativas, analíticas e numéricas (Deutch, 2018).

Os autores de livros didáticos devem, assim como os discentes, ter cuidado com as elucidações deterministas, ponderando as múltiplas origens de interações

celulares, que se abroham nos múltiplos processos de alta complexidade de um organismo. A seriedade de um ensino fundamentado em genética deve levar o cidadão a compreender a complexidade dos sistemas genéticos relacionando isso aos fatores epigenéticos e ambientais. Percorrendo esse caminho de reflexão é que aperfeiçoamos nossa capacidade reflexiva, evitando o determinismo genético, muitas vezes conduzidos nos noticiários, livros didáticos ou informações midiáticas que acabam sendo reforçados na sociedade e até em sala de aula (Scott, 2013).

Tabela 1 - Eventos-chaves na história da genética.

Ano	Evento	Capítulo
1865	Gregor Mendel demonstrou que os traços são controlados por fatores distintos, atualmente conhecidos como genes	2, 3
1869	Friedrich Miescher isolou o DNA dos núcleos de leucócitos	7
1903	Walter Sutton e Theodor Boveri formularam a hipótese de que cromossomos são os elementos hereditários	2,3
1905	William Bateson introduziu o termo <i>genética</i> para descrever o estudo da herança	2
1908	G. H. Hardy e Wilhelm Weinberg propuseram a lei de Hardy- Weinberg, o fundamento da genética de populações	18
1910	Thomas H. Morgan demonstrou que os genes estão localizados no cromossomo	4
1913	Alfred Sturtevant criou um mapa da ligação genética do cromossomo X da <i>Drosophila</i> , o primeiro mapa genético	
1918	Ronald Fisher propôs que fatores mendelianos múltiplos podem explicar a variação contínua em relação aos traços, fundando o campo da genética quantitativa	19
1931	Harriet Creighton e Barbara McClintock demonstraram que o <i>crossing over</i> é a causa da recombinação	4, 16
1941	Edward Tatum e George Beadle propuseram a hipótese de um gene- um polipeptídeo	6
1944	Oswald Avery, Colin MacLeod e Maclyn McCarty forneceram evidências persuasivas de que o DNA é o material genético nas células bacterianas	7
1946	Joshua Lederberg e Edward Tatum descobriram a conjugação bacteriana	5
1948	Barbara McClintock descobriu elementos móveis (transpósons) que se movimentam de um local para o outro no genoma	15
1950	Erwin Chargaff demonstrou que a composição do DNA segue algumas regras simples em relação às quantidades relativas de A, C, G e T	7
1952	Alfred Hershey e Martha Chase comprovam que o DNA é a molécula que codifica as informações genéticas	7
1953	James Watson e Francis Crick determinaram que o DNA forma uma dupla- hélice	7
1958	Matthew Meselson e Franklin Stahl demonstraram a natureza semiconservativa da replicação do DNA	7
1958	Jérôme Lejeune descobriu que a síndrome de Down resultava de uma cópia extra do cromossomo	17
1961	François Jacob e Jacques Monod propuseram que os níveis enzimáticos nas células são controlados por mecanismos de retroalimentação	11
1961 a 1967	Marshall Nirenberg, Har Gobind Khorana, Sydney Brenner e Francis Crick “desvendaram” o código genético	9
1968	Motto Kimura propôs a teoria neutra da evolução molecular	18,20
1977	Fred Sanger, Walter Gilbert e Allan Maxam inventaram métodos para a determinação das sequências de nucleotídeos das moléculas de DNA	10
1980	Christiane Nusslein- Volhard e Eric F. Wieschaus definiram o complexo de genes que regulam o desenvolvimento do plano corporal na <i>Drosophila</i>	13
1989	Francis Collins e Lap- Chee Tsui descobriram o gene que causa fibrose cística	4, 10
1993	Victor Ambrose e colegas descobriram o primeiro microRNA	13
1995	Publicada a primeira sequência de genoma de um organismo vivo (<i>Haemophilus influenzae</i>)	14
1996	Publicada a primeira sequência de genoma de um eucarioto (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	14
1998	Publicada a primeira sequência de genoma de um animal (<i>Caenorhabditis elegans</i>)	14
2000	Publicada a primeira sequência de genoma de uma planta (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	14
2001	Publicada pela primeira vez a sequência do genoma humano	14
2006	Andrew Fire e Craig Mello vencem o prêmio Nobel por sua descoberta do gene que é silenciado pelo RNA de filamento duplo	8
2012	John Gurdon e Shinya Yamanaka vencem o prêmio Nobel por sua descoberta de que apenas 4 genes reguladores conseguem converter células adultas em células-tronco	8, 12

Fonte: GRIFFITHS, Anthony J. F., WESSLER, Susan R., CARROLL, Sean B., DOEBLEY, John. Introdução à genética. 11. Ed, - Rio Janeiro: Guanabarra Koogan, 2016.

A prática que envolve aulas programadas em laboratório não só funciona como condição de manipulação e proximidade com a genética, assim como, é um viés importante para assimilar conteúdos que fazem ponte com um bom entendimento sobre a evolução dos organismos (Hubler *et al*, 2015). Essas abrangem discussões, o que possibilita um trabalho argumentativo de caráter científico. É nesse cenário de aprendizagem que o aluno emprega as suas observações pessoais a respeito de um experimento mas também emprega as relações entre eventos, estimulando o aluno a alfabetização científica (Ozdem *et al*, 2013).

No trabalho intitulado *Vets and cienc: student learning from science -based assessment in a pre-clinical science course*, artigo parte desse levantamento, o autor mostra a importância de estabelecer ligações explícitas entre o conteúdo de genética e o seu uso no ambiente de trabalho para assim proporcionar melhores resultados de aprendizagem. Essa prática que envolve aulas em laboratório e possibilita debates e experimentos estimulam o conhecimento e devem fazer parte do ensino em genética (Seddon, 2008; Ozdem *et al*, 2013; Hubler *et al*, 2015; Siitonen, 2016; Nam, 2018).

Temas que envolvem processos evolutivos, que fazem relação entre eventos, são entendidos de maneira efetiva com uma aprendizagem fundamentada na genética, já que são campos correlacionados (Mead *et al*, 2018). Noções importantes como seleção natural que são gerados por mecanismos aleatórios de mutação genética e recombinação alélica durante a reprodução, são muitas vezes considerados como processos adaptativos conscientes e propositalmente pensados pelo organismo, que o faz para obter uma vantagem evolutiva são ideias coletivas (Moore *et al*, 2002).

Ao ensinar sobre processos dinâmicos genéticos outra via de aprendizagem é o emprego de animações computacionais. No que tange o ensino de genética esse demonstrou-se um meio facilitador envolvendo os alunos e melhorando a assimilação de alguns temas (Marbach-Ad *et al*, 2008).

Trabalhar com a tecnologia é palavra de ordem. Uma plataforma que é parceira no ensino de genética é www.ted.com.br. A sigla TED significa Tecnologia, Entretenimento e Design. Nela, professores e alunos podem fazer o seu cadastro gratuito. Ali encontramos vídeos-aulas com conteúdo de Evolução, Genética e Biologia Molecular. Também é possível realizar fóruns de discussão ou mesmo fazer as *flipped classroom*

onde o aluno assiste aulas em casa, faz suas anotações para melhor se fundamentar em sala de aula para, então, poder expressar as opiniões (Silveira, 2015).

Outra metodologia são os jogos didáticos para aprendizagem. Na genética a experiência com essa ferramenta didática tem aproximado o aluno do conteúdo mesmo eles sendo de origens socioeconômicas, culturais e acadêmicas bem diferentes (Cardona *et al.*, 2007). São inúmeras as possibilidades da inclusão dessa abordagem didática utilizando jogos educativos (Mayer, 2018; Luttikhuizen, 2018).

No que tange a periódicos que tratam de temas associados à genética, a revista *Genética na Escola*, em suas edições traz com frequência inúmeras possibilidades de inserção de jogos na genética. Desde 2006 o ensino de genética no Brasil conta com a publicação semestral da revista *Genética na Escola*. A revista é voltada para alunos do Ensino médio e também para Ensino superior. De acordo com a agência FAPESP:

“Os textos apresentam sugestões de práticas e atividades para reforçar conceitos que são mais complicados para se entender, como código genético, por exemplo. Depois da era do genoma, o ‘código genético’ começou a ser usado de maneira bastante imprecisa”⁴

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que nasceu em 1998, e se reconfigurou em 2009, é uma das principais formas de ingresso da maioria das universidades do Brasil. Nos anos entre 2009 e 2017 o exame tem colocado uma média de 4,8 questões, por ano, sobre genética, sendo que essa média tem sido uma crescente, visto que, de 1998 a 2015, era de 2,2 questões por ano. Esse aumento, sem dúvidas, está associado à ascensão da genética nas pesquisas científicas. Os enfoques das questões nesse período foram “biotecnologia e engenharia genética”, com 43,2% das questões analisadas, seguida de “biologia ou genética molecular” 20,5% e “imunogenética e imunização” 18,2% as demais questões tratavam de temas como: heredograma, probabilidade, lei de segregação, herança genética e grupos sanguíneos (Gomes *et al* 2018).

Uma eficiente forma de compreender o que se deve ensinar sobre Genética é estar atento as questões da própria relevância social. Uma indagação relevante nesse sentido é: Para quem não vai trabalhar com essa ciência, o que se deve aprender? Tais indagações apresentam, de forma incisiva, a importância da alfabetização genética consolidada, para formação de indivíduos conscientes em temas que vão fazer parte de

⁴ Texto extraído de: < <http://agencia.fapesp.br/genetica-na-escola-/11042/> > Acesso em: 12/09/2018.

decisões do dia a dia. Esse atributo contribui para lutarmos contra políticas racistas, compreender o ser como um todo, entender evolução dos organismos e as importantes implicações sociais que esse conhecimento alça (Boerwinkel *et al*, 2017).

3) Estudos cienciométricos e as possibilidades de aplicação no campo de ensino de genética

Consideramos que o acesso ao saber atualizado e ao conhecimento produzido em pesquisas de ponta, colaboram para a formação de docentes mais capacitados para atuar na educação básica e em qualquer atividade de letramento científico. Assim, para que seja possível dar conta de como a produção do saber tem caminhado em uma determinada área do saber e compreender a realidade panorâmica dos trabalhos em todas as áreas das ciências, a cienciométrica está ganhando força (Fantin-Cruz, 2015).

A cienciométrica é conhecida como uma pesquisa quantitativa que permite compreender a amplitude dos estudos científicos. Sendo uma medida métrica que permite verificar o fluxo da informação sob enfoques diversos, provoca maior visibilidade dos dados, assim é mais fácil identificar áreas pouco apreciadas e focos de estudos necessários (Vanti, 2002; Laurindo & Mafra, 2010).

Através da cienciométrica é feito um panorama científico das contribuições a respeito de um assunto para compreender os caminhos das ciências e até mesmo para onde se deve caminhar ou investir. Porém, um mapeamento científico é algo complexo e que exige muitas ferramentas de trabalhos e softwares (Aria & Cuccurullo, 2017).

A genética, por ser uma ciência que está relacionada a saúde, produção agrícola, alimentação, criminalística tem um caráter implicativo na vida das pessoas e precisa ser um tema de importância social e assim deve alvo de preocupação no que tange seu ensino (Mead *et al.*, 2018). Dessa forma buscar o conhecimento dos autores que produzem conhecimentos científicos, levantar os periódicos, países, grupos que estão buscando acender a discussão sobre o assunto é de fundamental relevância para levantar ações e construir panorama desse tema.

4) *Web of Science* e *bibliometrics* para produção de trabalhos *cienciometricos*

Uma importante plataforma utilizada para elaboração de trabalhos *cienciométricos* é a *Web of Science*. Essa plataforma é uma base de dados com periódicos indexados na língua inglesa que proporciona dados de mais de 11 mil revistas científicas, indicando as mais relevantes publicações do mundo sendo editado pela Thomson Reuters.

O *Institute for Scientific Information (ISI) Web of Science*, é considerada a plataforma mais utilizadas para análises *cienciométricas* e possui uma grande quantidade e qualidade dos periódicos indexados no mundo na sua referida base de dados (Lima Riberio *et al*, 2007).

Os periódicos indexados na plataforma *Web of Science* passam por um processo de avaliação do impacto gerado nos dois primeiros anos de publicação, gerando o fator de impacto daquele artigo. Esse indicador data da década de 1950, onde pesquisadores contavam as referências bibliográficas do *The Journal of the American Chemical Society*. Na década de 1970, o *Science Citation Index (SCI)* começa a publicar um relatório de citações de periódicos do *Journal Citation Reports (JCR)*, o relatório possibilitava a reprodução dos estudos desenvolvidos em 1927, ranqueava os periódicos citados e quem os citavam nos periódicos indexados no SCI (Mugnaini, 2016).

O JCR contém informações como listas classificadas por diferentes medidas além dos índices de citação entre revistas. Em suma, o jornal oferece muito mais dados sobre revistas do que apenas fator de impacto sozinho. Porém existe discussões quanto ao seu uso na literatura e muitos artigos buscam levantar os pontos positivos e negativos de sua utilização (Pendlebury, 2009; Haustein, 2016).

A ferramenta estatística *bibliometrix* propõem uma ferramenta única para abarcar o mapeamento científico, suportando o fluxo de trabalho para análises *bibliométricas*. A ferramenta é programada em R, sendo uma proposta flexível que pode ser rapidamente atualizado e integrado com outros pacotes R estatísticos. O que é bom em uma ciência em constante mudança, como a *bibliometria* (Aria & Cuccurullo, 2017).

OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo geral do presente estudo foi compreender a formação de redes colaborativas de produção científica entre autores e países que produzem sobre ensino de genética em artigos presentes na base de dados da *Web of Science* nos períodos entre 1947 até julho de 2018.

Objetivos Específicos

- Levantar a quantidade de artigos que tratam sobre ensino de genética.
- Estimar a tendência de crescimento de publicações sobre ensino de genética ao longo dos anos.
- Indicar os principais periódicos que publicam sobre ensino de genética.
- Reconhecer os países que mais publicam e são citados sobre ensino de genética.
- Apontar os autores que discutem ensino de genética, assim como a média de autores por artigo.
- Relacionar número de citação dos artigos sobre ensino de genética e sua média de citação.
- Indicar os países que mais são citados sobre ensino de genética.
- Conhecer a dinâmica colaborativa entre os países que trabalham o ensino de genética, assim como destacar as colaborações entre esses grupos.
- Verificar a formação das redes de cocitação entre autores e as redes de citação direta entre autores.
- Identificar palavras-chave e palavras-chave-adicionais mais utilizadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado mediante pesquisa no Banco de dados da *Web of Science*, observando as necessidades de compreensão do panorama de aprendizagem sobre Ensino de Genética, datada entre os anos 1947 e julho de 2018.

Foram selecionados artigos relacionados ao ensino de genética para levantar as palavras-chave usuais quando se descreve ensino e genética, para assim, estabelecer as palavras-chave para iniciar a busca no banco de dados.

As palavras “*genetic*” ou “*genetics*” foram combinadas com as palavras “*teaching*”, “*course*”, “*class*”, “*lectures*” ou “*education*” para compor os termos de busca. Foram excluídos os artigos que tivessem os termos “*algorithm*” ou “*machine*” em seus títulos ou resumos. A exclusão para esses termos é realizada já que estes trazem artigos de outras áreas.

Com as palavras-chave e plataforma escolhida (*Web of Science*), a pesquisa se iniciou e levantou variados artigos. A partir da leitura dos resumos ou do próprio documento os artigos foram incluídos ou excluídos da pesquisa.

A *Web of Science* é uma plataforma multidisciplinar de pesquisa, integrada em uma só interface, por meio de métricas de citação de conteúdo vinculado de várias fontes. Do conjunto final da busca foram analisados os seguintes parâmetros: i) número de artigos; ii) número de revistas, iii) média de citação e iv) média de autores por documento. Também foram analisados: v) os autores mais produtivos; vi) os artigos mais citados; vii) os países mais produtivos; viii) os países mais citados e ix) as revistas mais relevantes.

Essas análises foram realizadas utilizando o pacote Bibliometrix da plataforma R. Bibliometrix é um conjunto de ferramentas para pesquisa quantitativa em bibliometria e cienciometria. Com esta ferramenta pode-se importar e converter dados para o formato R, fazer análise bibliométrica de um conjunto de dados de publicação, construindo matrizes para co-citação, acoplamento, análise conjunta e colaboração (Aria & Cuccurullo, 2017).

Com as palavras-chave selecionadas um montante de trabalhos é levantado e todos eles devem passar pela leitura de seus resumos, assim realizando a filtragem dos artigos selecionados que verdadeiramente são relacionados com o tema.

Cinco pastas foram criadas na *Web of Science* reunindo os artigos encontrados: eg22082018A; eg22082018B; eg06062018; eg22082018; eg13062018. Após essa primeira seleção os artigos foram então baixados em formato bib. O bib é uma extensão de arquivos, que não podem ser baixados em qualquer programa. Para isso o programa JabRef foi utilizado para ler a extensão bib.

O programa JabRef foi utilizado para curadoria dos dados. Está curadoria remove as possíveis duplicidades de artigos que podem ocorrer na seleção realizada durante as leituras, assim ajustando os nomes encontrados. Depois com o bib curado as pastas foram levadas para o programa *bibliometrix* que realiza uma análise conjunta dos artigos enviados.

O *bibliometrix* é um pacote com conjunto de ferramenta para realização de análise quantitativa em cienciométrica e bibliometria. A ferramenta importa dados bibliográficos da *Web of Science*, assim como de outras plataformas para realizar análises bibliométricas e construindo redes para co-citação, acoplamento, colaboração científica e análise conjunta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira filtragem das palavras-chaves combinadas resultou em um total de 5.917 (cinco mil, novecentos e dezessete) artigos científicos. Dentro deste total geral inicial, foi possível identificar 626 (seiscentos e vinte e seis) que se relaciona de fato com o tema da busca, que é o ensino de genética.

O primeiro artigo encontrado foi publicado em 1947, seguindo com um número crescente de publicações a julho de 2018. A publicação anual segue aumentando com picos expressivos de crescimento em 2011 (45 artigos publicados) e entre os anos de 2015 e 2016, ambos com 46 artigos publicados no ano (Figura 1).

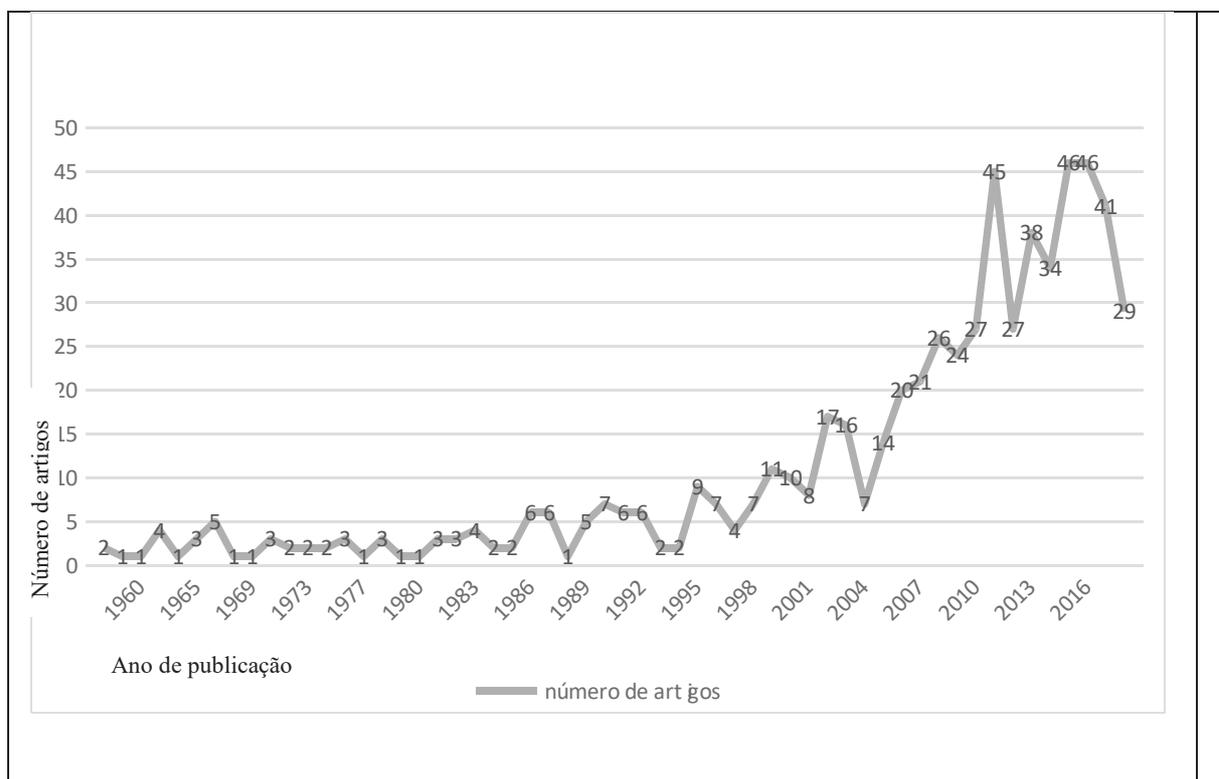


Figura 1 - Variação temporal no número de publicação sobre Ensino de Genética entre 1947 a julho de 2018.

Os artigos foram publicados em 139 periódicos científicos. A lista de periódicos com maior número de artigos na plataforma foram: *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *Journal of Biological Education*, *American Biology Teacher* e *Cbe-life Sciences Education* (Tabela 2). Relacionando os dez primeiros

periódicos da tabela com número de artigos publicados com essas revistas elas concebem 65,9% das publicações da plataforma. Pode-se verificar também que ao relacionar os quatro primeiros periódicos com o total de 139 sua representatividade é de 36,74% dos artigos que foram publicados (Tabela 2).

Tabela 2 - Periódicos com maiores números de publicações sobre Ensino de Genética da plataforma da *Web- of- Science*.

Revista	Nº de artigos
<i>Biochemistry and Molecular Biology Education</i>	78
<i>Journal of Biological Education</i>	59
<i>American Biology Teacher</i>	52
<i>Cbe-life Sciences Education</i>	41
<i>American Journal of Human Genetics</i>	24
<i>Science & Education</i>	23
<i>International Journal of Science Education</i>	22
<i>Genetics</i>	19
<i>Journal of Research in Science Teaching</i>	19
<i>Genetics in Medicine</i>	12

Os Estados Unidos com 282 artigos estão entre os países com maior quantidade de publicações, apresentando cinco vezes mais produção do que o país que o segue na segunda posição, que foi o Reino Unido com 56. Em seguida, estão com o maior número de publicação Turquia com 22 artigos, Brasil com 19, Canadá com 19, Espanha com 18, Austrália com 17, Israel com 11, África do Sul com 11 e Holanda com 10.

Apesar do Brasil estar em quarto lugar em termos de quantidade de artigos, esse país nem aparece entre os 10 países mais citados do mundo (Figura 2).

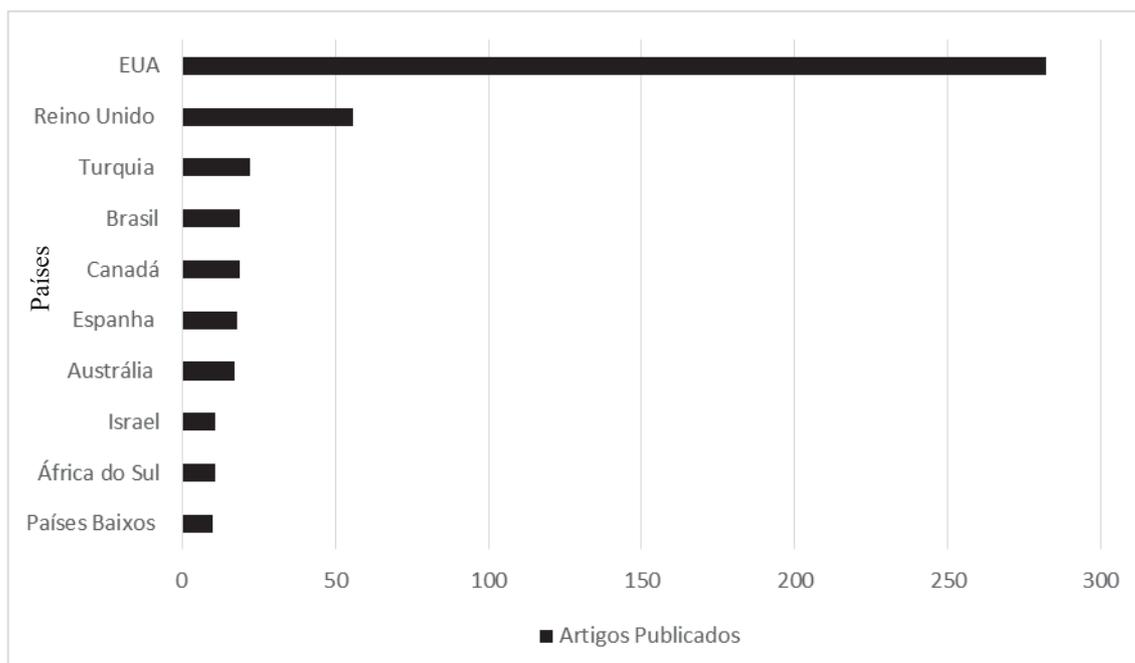


Figura 2 - Países que mais publicam sobre Ensino de Genética e número de artigos publicados entre 1947 a julho de 2018.

Estados Unidos, Reino Unido, Turquia e Brasil detêm juntos 81,33% da produção científica sobre ensino de genética. Nos 100 últimos anos, os 10 países que mais investiram no desenvolvimento de pesquisas no mundo foram responsáveis por 80% de todo o investimento global. As pesquisas retornam em forma de desenvolvimento e qualidade de vida para a sociedade (Morais e Giroldo, 2014).

Os Estados Unidos lideram o ranking há anos o que explica seu lugar de destaque no levantamento realizado. Devido à valorização dos pesquisadores em países como os Estados Unidos é comum o trânsito de pesquisadores para esses países. Um modelo de fuga de cérebros de profissionais para os EUA, já que ali são melhores subsidiados profissionalmente e financeiramente (Currás, 2008).

O tema “ensino de genética” foi publicado por um total de 1604 autores. Dentro desse tema pode-se encontrar os problemas conceituais e as boas probabilidades dessas serem trabalhadas em aulas práticas. Artigos discutem as possibilidades do uso de organismos modelos para o desenvolvimento de aulas em laboratório enriquecendo o vocabulário científico desses alunos (Siitonen, 2016; Nam, 2018).

Dentre os autores mais produtivos destacam-se os seguintes nomes Knight Jk, Hawley S, Morris J, Pokrywka N e Smith Mk. Dos 7 (sete) artigos publicados por Knight

JK, 3 (três) deles são publicados juntamente com Smith Mk. O autor Knight JK discute, em geral, nos artigos levantados, as problemáticas dos conceitos, sob a perspectiva do desempenho dos alunos. No artigo *Crossing the Threshold: Bringing Biological Variation to the Foreground*, a pesquisa se favorece da literatura focada sobre “conceitos de limiar”. A proposta de que existem conceitos específicos de domínio que, quando dominado, pode transformar a aprendizagem, algo sem o qual o aluno não pode progredir, os chamados conceitos transformadores aguçam os professores a se atentarem a conceitos importantes de sua disciplina. Knight JK juntamente a quatro autores demonstram as implicações do conceito de variação biológica e alerta a importância pedagógica no levantamento dos conceitos limiares (Batzli *et al*, 2016).

Os sete artigos de Knight JK foram publicados na revista *Cbe-life Sciences Education*. Ela é a quarta revista com maior número de publicação, um periódico trimestral, on-line de propriedade da Sociedade Americana de Biologia Celular, que desde 2013, assumiu uma parceria com a Sociedade de Genética da América. Todos os artigos de Knight JB, que foram alçados no nosso levantamento foram escritos em parceria com pelo menos um autor.

A média de autores por artigo publicado foi igual a 2,56. A maioria dos artigos são publicados tendo mais de um pesquisador como autor, atualmente existe uma crescente tendência na colaboração de mais de um autor por artigo. Essa é uma constante global nos mais diferentes estudos (Souza *et al*, 2016).

Os artigos que trabalham com coautores tiveram uma média 3 coautoria. Sendo que os trabalhos são citados uma média de 16,6 vezes na plataforma. Da representatividade dos 626 artigos, 145 possuem um único autor, o que representa 23% dos autores pesquisados.

O artigo com maior número de citação com o número de 4255 na *Web of Science* é do autor Peakall R. 2006. Este é intitulado *GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research*. Nele o autor elabora um software para pesquisa (Peakall & Smouse, 2006). Os softwares são tendência no que tange a genética que precisa trabalhar com o suporte da tecnologia. Dessa forma o ensino de genética também deve aproximar ensino a tecnologia (Silveira, 2015; Malone *et al*, 2018). Por apresentar um pacote multi-plataforma para análises genéticas de populações

que são executadas no Microsoft Excel, este artigo é propenso a ser bastante citado (Figura 3).

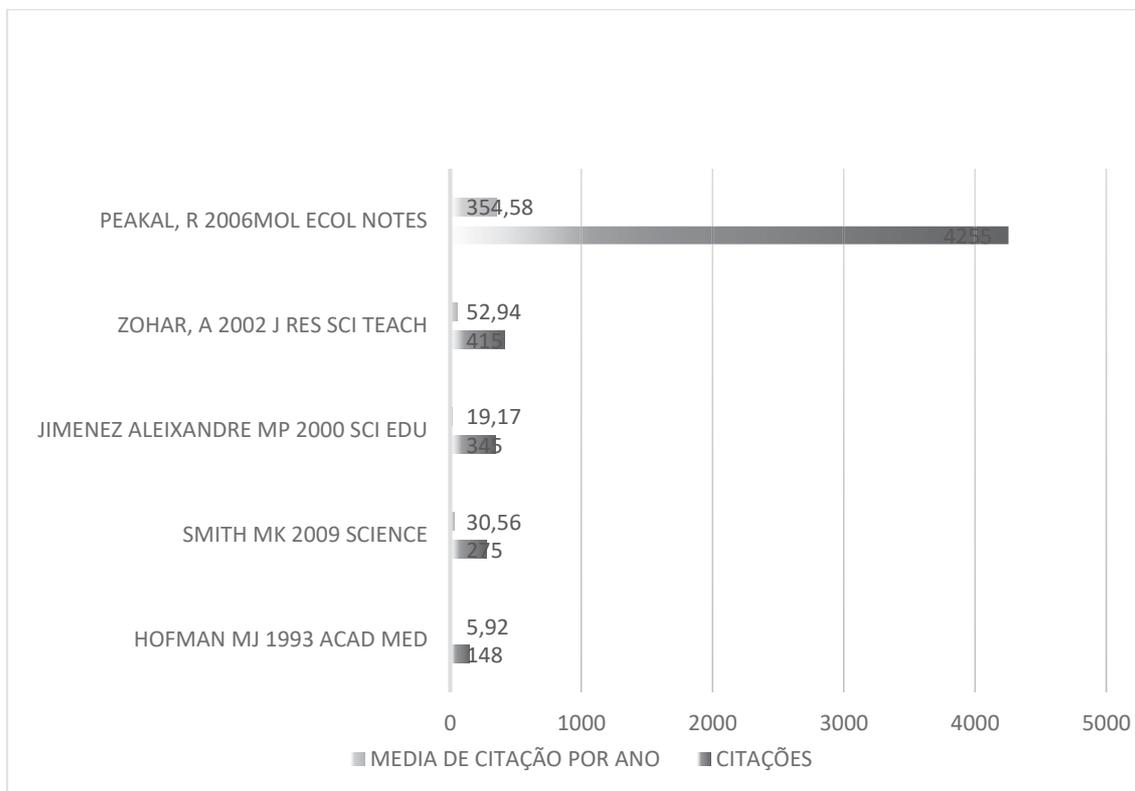


Figura 3- Relação entre número de citação e a média de citação por ano dos autores que trabalham Ensino genética na *Web of Science* entre 1947 a julho de 2018.

Rod Peakall é docente da Escola de Botânica e Zoologia, Universidade Nacional da Austrália. Este fato pode colaborar para o destaque na colocação da Austrália, em primeiro lugar dos países mais citados no que tange trabalhos sobre o ensino de genética, é o que se pode perceber na tabela 3. Os Estados Unidos outra vez se destacam ocupando o segundo lugar de país mais citado.

Zohar é o segundo autor da figura 3 e representa o país de Israel, sendo citado 415 na plataforma. Com o trabalho *Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics*, o autor trabalha a capacidade argumentativa dos alunos frente dilemas da genética humana, avaliando competência e as habilidades de raciocínio ensinadas no contexto da genética para o contexto da vida cotidiana (Zohar, 2002).

Jimenez-Aleixandre é o terceiro autor, situado na Espanha e foi citado na plataforma da *Web of Science* 345 vezes. O título de seu artigo é "*Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics*, assim como Zohar, ele também trabalhou o discurso e a aprendizagem (Jimenez-Aleixandre, 2000).

O quarto autor Smith é dos Estados Unidos e foi citado 275 vezes no artigo *Why Peer Discussion Improves Student Performance on In-Class Concept Questions*. No trabalho o autor a defesa que a discussão entre pares aumenta a compreensão sobre o conhecimento de conteúdos de genética. Novamente é retomada a importância do aluno trabalhando o discurso, como agente central do conhecimento (Smith *et al*, 2009).

O quinto autor da tabela Hofman, também é dos Estados Unidos e obteve 148 citação no seu trabalho denominado *Physicians Knowledge of Genetics and Genetic Tests*. O artigo avalia o conhecimento de alunos de medicina em genética e enfatiza a dificuldade desse conhecimento particular na área médica e as problemáticas que isso implica (Hofman *et al*, 1993).

É possível relacionar os artigos mais citados com os países que se destacam. Todos trabalhos e autores relacionados na figura 3 são de países que se destacam, entre os cinco primeiros, na tabela 3. Austrália o primeiro país mais citado, possui o artigo mais citado. O segundo lugar é dos Estados Unidos, que possui dois autores bem citados. Israel terceiro lugar entre os países está com terceiro trabalho mais citado. E Espanha o quinto país tem o terceiro artigo mais citado da plataforma.

Tabela 3 - Países com trabalhos mais citados sobre Ensino de Genética no período entre 1947 a julho de 2018 na *Web of Science*.

Países	Total
Austrália	4657
Estados Unidos	2709
Israel	659
Reino Unido	463
Espanha	434
Canadá	168
África do Sul	95
Turquia	81
Países Baixos	76
Coreia	75

Na figura 4 é possível ver a dinâmica colaborativa entre os países, assim como as relações colaborativas entre países que estão construindo discussões sobre ensino de genética.

Colaborações entre países

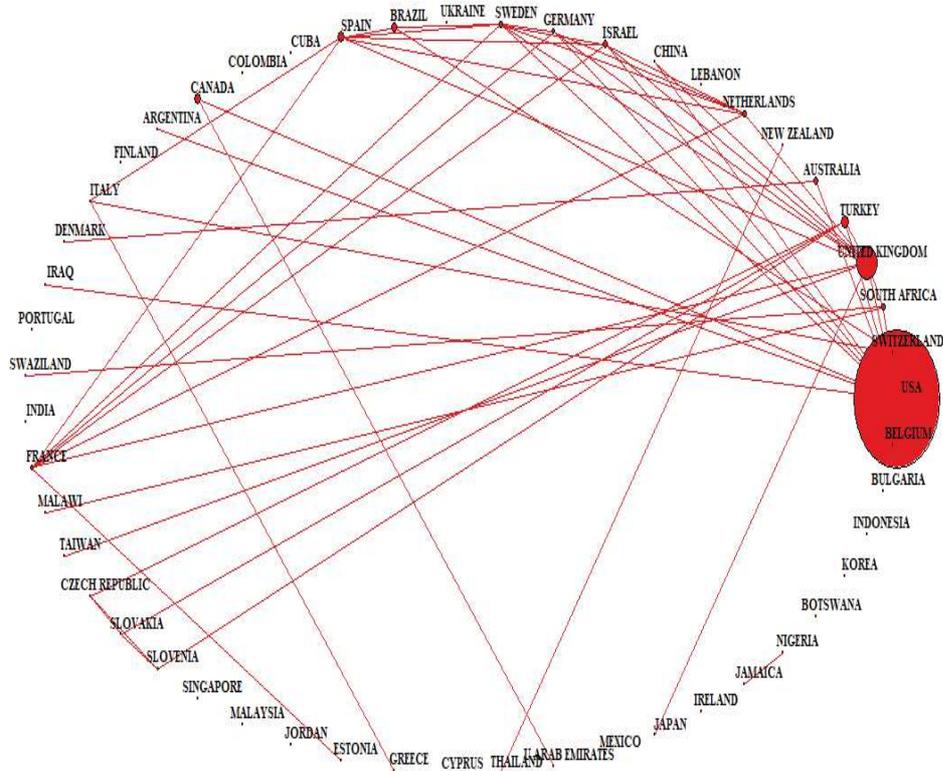


Figura 4 – Mapa de colaboração entre países sobre Ensino de Genética indexados na *Web of Science* entre 1947 e 2018.

O mapa de colaboração entre os países nos demonstra que existe uma ligação entre grupos de citação, onde é plausível ver redes mais fortes entre determinados grupos. É possível perceber que os Estados Unidos, Reino Unido, Turquia, Brasil, Espanha, Austrália, Israel, África do Sul e Países Baixos possuem os maiores clusters e deles partem redes de colaborações com variados países. Essa dinâmica representa um domínio científico por parte desses grupos a respeito do ensino de genética.

É possível perceber o domínio de relação dos Estados Unidos no que tange a colaborações entre os mais variados países da figura 4. No mapa seu nó ou país

representado domina a figura e até abrange para cima dos nomes dos outros países que estão ao seu lado.

Reino Unido é o segundo nó da figura mais representativo, construí colaborações com países como a França, Taiwan, África, Estados Unidos, Suíça, Espanha, Suécia, Alemanha.

Existe também dinâmicas colaborativas entre grupos menores como entre a Jamaica e a Nigéria, onde desses não partem nenhuma participação com os países em destaque. Nova Zelândia e Tailândia também formam uma espécie de colaboração parecida a da Jamaica e Nigéria.

Na figura 5 é possível ver a dinâmica de coocitação entre autores, analisando essas redes de coocitação pode-se perceber como se constrói e produz conhecimento e domínio científico entre alguns grupos (Gracio, 2016). Também é possível observar linhas mais claras demonstrando uma frequência menor, ainda que existente, entre os outros diversos países e suas relações com os países que lideram a pesquisa.

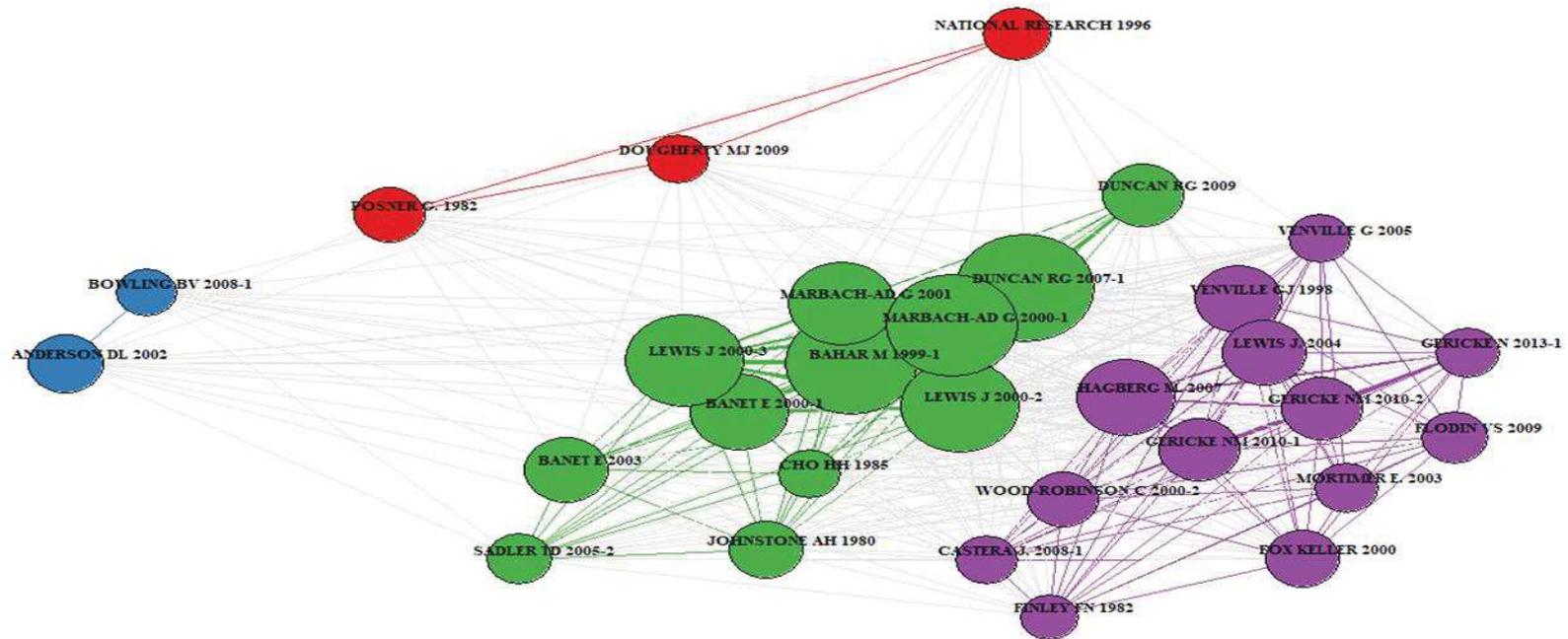


Figura 5 - Rede de cocitação demonstrando as relações entre os autores que trabalham sobre ensino de genética.

A figura 5 apresenta 30 nós construindo uma rede de cocitação. Nesses nós há a formação de grupos que são representados por cores, o que implica uma maior relação de cocitação. Entre as redes de cocitação formadas não foi encontrado um padrão de citação entre autores de apenas um mesmo país. Dentro dos nós verdes Lewis J. é um autor do Reino Unido, Cho HH é um autor da Coréia e Marbach AD é de Israel, o que demonstra que os grupos formados são representados por diversos países.

É possível perceber a formação de grupos falando sobre ensino de genética, porém há uma dinâmica de citação intensa ligando esses grupos, na tentativa intensa de compreender onde estão as maiores dificuldades dos alunos. Além da busca de metodologias possíveis para o alcance de uma aprendizagem efetiva. Autores americanos citam autores de Israel, que citam autores Coreanos, sem se deterem apenas a autores de seus países. O que comprova uma dificuldade, que ultrapassa as barreiras geográficas na aprendizagem de genética.

É possível observar também na figura 5 a autocitação do autor Duncan, nos trabalhos datados em 2007 e 2009, Marbach entre os anos de 2000 e 2001, Gericke nos anos de 2010 e 2013, Banet nos anos de 2000 e 2003. A autocitação é comum em trabalhos científicos e pode ser uma forma de aumentar o fator de impacto (Mugnaini, 2016)

Entre esses autores, Dougherty que se encontra na rede de citação da figura 5, no nó vermelho, trabalha em seu artigo alunos americanos do ensino médio, sobre conceitos genéticos e os avanços da genética moderna envolvendo 50 estados, este obteve resultados fracos em relação ao desempenho dos alunos para quase 85% dos alunos avaliados (Dougherty *et al*, 2011).

É possível observar também redes de citações diretas entre alguns autores desde 1981 até 2014. Mais também há uma aleatoriedade entre os autores e suas citações, não havendo uma tendência particular de citação entre universidades ou mesmo países. Dawson V M, 2010 é um autor da Austrália que cita Bryce T, 2004 um autor da Escócia, Dauer JT, 2013 é um autor dos Estados Unidos e cita Marbach- AD G, 2000 autor de Israel (Figura 6).

Rede histórica de citação direta

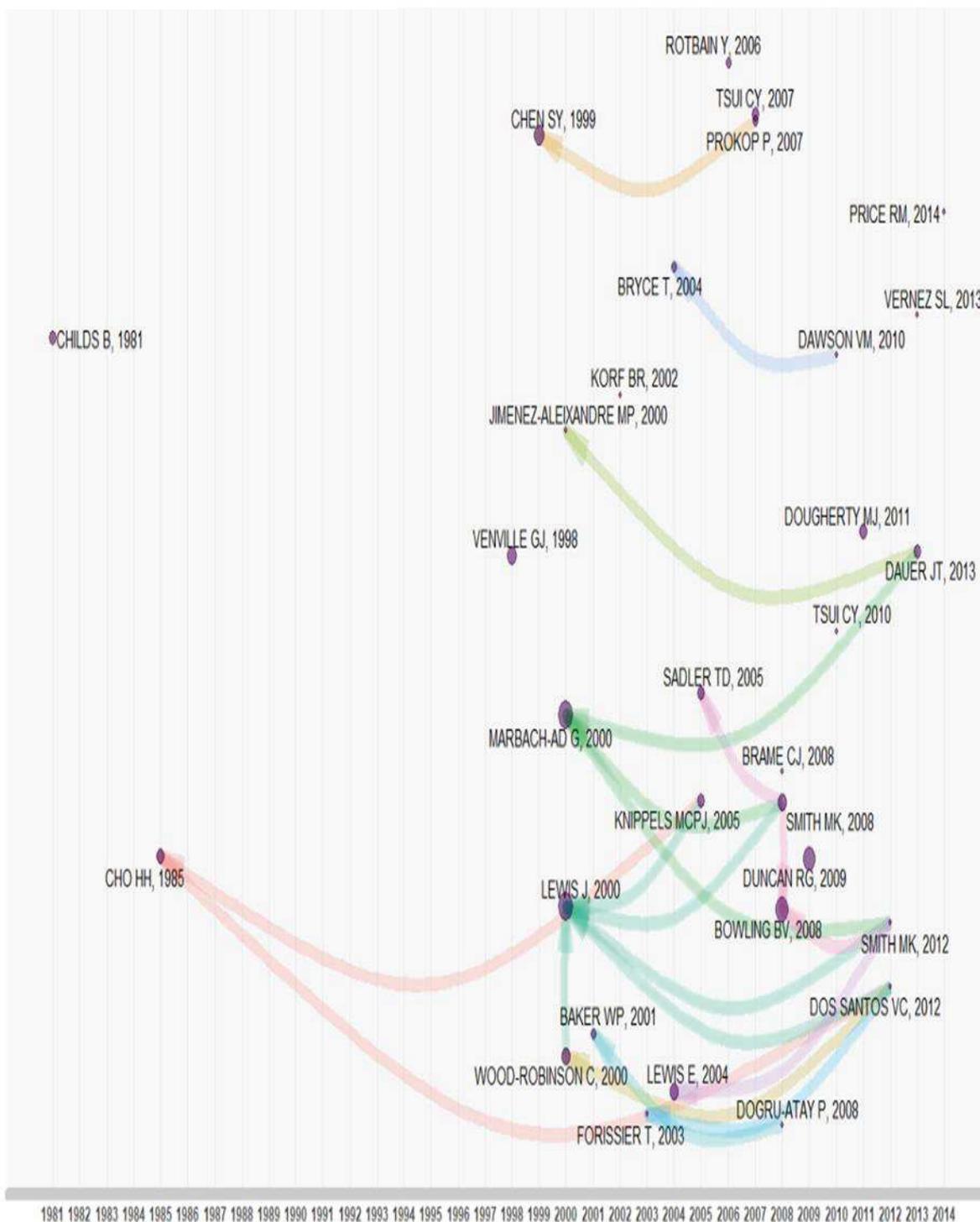


Figura 6 - Rede de citação direta entre autores. As setas apontam a direção de quem fez a citação para a pessoa citada sobre ensino de genética.

O autor Cho, que aparece nas figuras 5 e 6 apresentou seu artigo publicado em 1985, e foi citado 79 vezes na plataforma da *Web of Science*, com o trabalho intitulado *An investigation of high-school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics*, já demonstrava os problemas conceituais trazidos em alguns livros didáticos e as problemáticas disso para aprendizagens futuras e para vida (Cho *et al*, 1985).

Foram encontradas 1164 palavras chaves na pesquisa. As palavras-chave como *Genetics*, *Education*, *Teaching* receberam nos trabalhos um total de 72, 29 e 16 citações respectivamente. A *Web of Science* oferece também a opção de buscar as palavras chaves-plus que são palavras adicionais as levantadas pelo pesquisador. Essas contabilizam um total de 1053 palavras, aumentando assim possibilidade de busca desses artigos. No contexto das palavras chaves-adicionais foram encontradas as seguintes: *Science* que aparece em 71 artigos, *Biology* com 61 vezes, *Education* com 57 vezes e *Students* com 47 aparições. Muitas outras palavras também foram erguidas como: *Curriculum*, *Genetics Education*, *PCR*, *Evolution*, *Knowledge*, *Natural- Selection*, *Genes*. Veja na tabela 4 essas relações.

Tabela 4 - Palavras-chave e palavras-chave adicionais mais relevantes encontradas nos trabalhos sobre Ensino de Genética.

Palavras-chave do autor	Nº de artigos	Palavras-chave-adicionais	Nº de artigos
<i>Genetics</i>	72	<i>Science</i>	71
<i>Education</i>	29	<i>Biology</i>	61
<i>Teaching</i>	16	<i>Education</i>	57
<i>Curriculum</i>	14	<i>Students</i>	47
<i>Genetics Education</i>	14	<i>Knowledge</i>	44
<i>Molecular Biology</i>	14	<i>Genetics</i>	43
<i>PCR</i>	14	<i>Misconceptions</i>	22
<i>Evolution</i>	12	<i>Natural- Selection</i>	22
<i>Genomics</i>	12	<i>Genes</i>	20
<i>Active learning</i>	11	<i>Attitudes</i>	19

É possível também observar uma dinâmica entre a palavras-chave mais utilizadas da plataforma pelos autores na figura 7, onde é possível perceber a formação de redes entre elas e o destaque dos nós para as palavras mais utilizadas pelos autores. Há a formação de 55 nós, com a palavra-chave genetics no centro demonstrando a notória utilização dos autores.

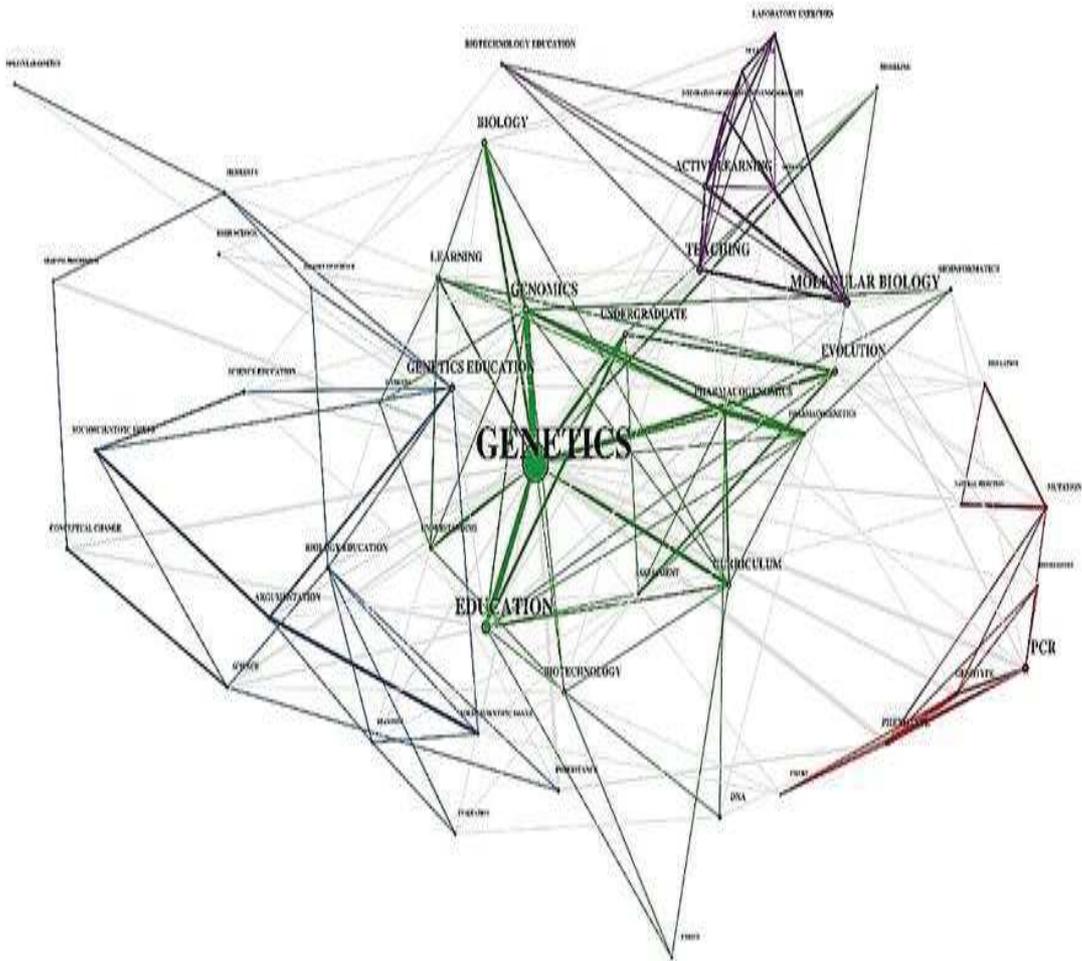


Figura 7- Rede de palavras-chave de autores que publicam sobre ensino de genética na *Web of Science* entre 1947 a 2018.

CONCLUSÕES

- 626 artigos tratam sobre ensino de genética.
- Desde de 1947, data da primeira publicação, o crescimento dos estudos sobre ensino de genética vem aumentando.
- 139 periódicos publicam sobre ensino de genética os quatro primeiros são intitulados *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *Journal of Biological Education*, *American Biology Teacher* e *Cbe-life Sciences Education*.
- Os Estados Unidos são os que mais publicam sobre ensino de genética e é o segundo país mais citado.
- Países como Reino Unido, Turquia, Brasil, Canadá, Espanha, Austrália, Israel, África do Sul e Holanda também discutem as problemáticas e desafios do Ensino de Genética.
- Os cinco autores que mais publicaram Knight Jk, Hawley S, Morris J, Pokrywka N e Smith Mk.
- A média de citação por artigos é de 16,6.
- Austrália, Estados Unidos, Israel, Reino Unido e Espanha são os cinco primeiros países mais citados quando se trata de artigos sobre ensino de genética
- *GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research.* é o artigo mais citado da plataforma.
- Estados Unidos, Reino Unido, Turquia, Brasil, Espanha, Austrália, Israel, África do Sul e Países Baixos possuem os maiores clusters e deles partem redes de colaborações com variados países.
- É possível observar autocitação de autores como autor Ducan, nos trabalhos datados em 2007 e 2009, Marbach entre os anos de 2000 e 2001, Gericke nos anos de 2010 e 2013, Banet nos anos de 2000 e 2003.
- Palavras- chave como *genetics, education, teaching, curriculum, genetics education, molecular biology, PCR, evolution, genomics, active learning* são as palavras- chave mais encontradas nos trabalhos alçados.
- Há 1164 palavras chaves na pesquisa. Palavras-chave como Genetics, Education, Teaching receberam nos trabalhos um total de 72, 29 e 16 citações respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALVES, Cléia Maria; DANTAS, Anna Rafaella de Paiva; SOUZA, Francisco das Chagas Silva. **QUE CIDADÃO DEVEMOS FORMAR? OS DESAFIOS DO ENSINO DE HISTÓRIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.** REVES - *Revista Relações Sociais*, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 0119-0131, fev. 2019. ISSN 2595-4490. Disponível em: < <https://periodicos.ufv.br/ojs/revs/article/view/3235> >. Acesso em: 23 fev. 2019.

ARIA, M. & CUCCURULLO, C. 2017. **bibliometrix: Uma ferramenta R para análise abrangente de mapeamento científico.** *Journal of Informetrics*, 11 (4), pp. 959-975, Elsevier.

ARNOLD, Madeline L.; HOLMAN, Drew; ZWEIFEL, Stephan G. 2017 **Using Molecular Biology and Bioinformatics to Investigate the Prevalence of Mislabeled Fish Samples.** *American Biology Teacher*. Vol. 79 No. 9 Pages. 763-768. Disponível em: < <http://abt.ucpress.edu/content/79/9/763> > Acesso em: 04/08/2018.

BATZLI, Janet M.; KNIGHT, Jennifer K.; HARTLEY, Laurel M.; MASKIEWICZ, April Cordero; DESY, Elizabeth A. 2016. **Crossing the Threshold: Bringing Biological Variation to the Foreground.** *CBE-Life Sciences Education*. Vol. 15 No 4. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27856553> > Acesso em: 06/08/2018

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. **Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica.** – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2)

_____. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP n. 02**, de 19 de Fevereiro de 2002. Institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena de formação de professores da Educação Básica em nível superior. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04/03/2002.

BEN- NUM, Michal Stolarsky & YARDEN, Anat. 2010. **Learning molecular genetics in teacher-led outreach laboratories.** *Educational research*. P.19-25 Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/00219266.2009.9656187> >. Acesso em: 20/08/2018.

BATESON, William. **Problems of Heredity as a subject for Horticultural Investigation.** *Journal of the Royal Horticultural Society*. Vol 25, 1905. APUD MUKHERJEE, Siddartha. *O Gene: Um história íntima*. São Paulo: Cia das Letras, 2016. p. 83.

- BOCCIA, Flavio. 2019. **Fear of Genetically Modified Food and the Role of Knowledge for Consumer Behavior: The New Noumenic Approach.** *EC NUTRITION*. N 14. Vol 3. Disponível em: < <https://www.econicon.com/ecnu/pdf/ECNU-14-00560.pdf> >. Acesso em: 02/02/2019
- BOERWINKEL, Dirk Jan; YARDEN, Anat; WAARLO, Arend Jan. 2017. **Reaching a Consensus on the Definition of Genetic Literacy that Is Required from a Twenty-First-Century Citizen.** *Sci & Educ* n. 26, p.1087–1114. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9934-y> >. Acesso em: 02/08/2018.
- CARDONA, Tânia da S.; SPIEGEL, Carolina N.; ALVES, Gutemberg G.; DUCOMMUN, Jacques; HENRIQUES-PONS, Andrea; ARAÚJO-JORGE, Tania C. 2007. **Introducing DNA Concepts to Swiss High School Students Based on a Brazilian Educational Game.** *Biochemistry and Molecular Biology Education*. vol. 35, No. 6, pp. 416–421, Disponível em: < <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bmb.95> > Acesso em: 20/08/2018.
- CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. 2005. **História e filosofia das ciências no ensino de biologia.** *Ciência & Educação*, Bauru, v. 11, n. 1, p. 33-39. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n1/03.pdf> > Acesso em 03/08/2018.
- CHO, HH; KAHLE, JB; NORDLAND, FH. AN INVESTIGATION OF HIGH-SCHOOL BIOLOGY TEXTBOOKS. 1985. **As sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics.** *Science Education*. Vol. 69 No. 5 Pages 707-719. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sce.3730690512> >. Acesso em: 10/02/2019.
- CURRÁS, E.; BARREIRO, E. W. 2008. **Integration in Europe of human genetics results obtained by Spaniards in the USA: A historical perspective.** *Scientometrics*, Vol. 75, No. 3. pp 473–493.
- DAI, Peng & RUDGE, David. 2018. **Using the Discovery of the Structure of DNA to Illustrate Cultural Aspects of Science.** *The American Biology Teacher*. Vol. 80, No 4, pp. 256–262. Disponível em: < <https://doi.org/10.1525/abt.2018.80.4.256> >. Acesso em: 13/08/2018.
- DA FONSECA, A., PENSAK, M., KOZECHEN, M.. **O Brasil, sua história e seus desafios do futuro.** *Revista Expressão*, 8, feb. 2019. Disponível em: <

<http://portaldeperiodicos.unibrasil.com.br/index.php/revistaexpressao/article/view/4500>
>. Acesso em: 23 Feb. 2019..

DAVID, Andrew A. 2018. **Using Project-Based Learning to Teach Phylogenetic Reconstruction for Advanced Undergraduate Biology Students: Molluscan Evolution as a Case Study.** *American Biology Teacher*. Vol. 80, No 4, pp. 278-284. DOI: < 10.1525/abt.2018.80.4.278 >. Acesso em: 01/01/2019.

DE BEER, Josef; PETERSEN, Neal; BRITS, Sanette. 2018. **The Use of Puppetry and Drama in the Biology Classroom.** *American Biology Teacher*. Vol. 80 No. 3 Pages: 175-181. Disponível em: < <http://abt.ucpress.edu/content/80/3/175.full> > Acesso em: 01/12/2018.

DEUTCH, Charles E. 2018. **Mendel or Molecules First: What is the Best Approach for Teaching General Genetics?** *American Biology Teacher* Vol. 80. No. 4. Pages: 264-269. Disponível em: < <http://abt.ucpress.edu/content/80/4/264.full.pdf+html> > Acesso em: 10/01/2019

DOUGHERTY, MJ; PLEASANTS, C.; SOLOW, L.; WONG, A.; ZHANG, H. 2011. **A Comprehensive Analysis of High School Genetics Standards: Are States Keeping Pace with Modern Genetics?** *CBE-LIFE SCIENCES EDUCATION*. Vol. 10 No. 3 pages. 318-327. Disponível em: < <https://www.lifescied.org/doi/pdf/10.1187/cbe.10-09-0122> >. Acesso em: 10/01/2019.

FANTIN-CRUZ, Ibraim; CAMARGO, Janielly Carvalho. 2015. **Estudo cienciométrico sobre a docência no ensino superior no Brasil.** *Espacios*. Vol. 36. Nº 06. P.3 2015. Disponível em: < <https://www.revistaespacios.com/a15v36n06/15360603.html> > Acesso em: 02/01/2019.

FÁVARO, R. D. et al. 2003. **Engenharia genética e biologia molecular: possibilidades e limites do trabalho do professor de biologia no ensino médio.** *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, vol 4, Bauru. Atas. Bauru: ABRAPEC, p. 1-11. Disponível em: < <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL073.pdf> >. Acesso em: 04/08/2018.

FISCHER, R. M. B. 2002. **O Dispositivo Pedagógico da Mídia: Modos de Educar na (e pela) TV.** *Educação e Pesquisa*, São Paulo (SP), v. 28, n.1, p. 151-162, Disponível em:< <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/19240/000095967.pdf?sequence=1&isAlloved=y> >. Acesso em: 03/08/2018.

FRAGA, Lucretia M. 2011. **Mobile learning in higher education**. Pages 333-337. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Raymond_Mugwanya/publication/263128153_Using_Paper_prototyping_as_a_rapid_PD_Technique_in_the_design_of_MLCAT/links/0a8 > Acesso em: 14/08/2018

GERICKE, Niklas M.; HAGBERG, Mariana; DOS SANTOS, Vanessa Carvalho; JOAQUIM, Leyla Mariane; EL-HANI, Charbel N. 2012. **Conceptual Variation or Incoherence? Textbook Discourse on Genes in Six Countries**. *Sci & Educ. Springer Science+Business Media* B.V. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-012-9499-8> >. Acesso em: 05/11/2018.

GÓES, Andréa Carla de Souza; OLIVEIRA, Bruno Vinicius Ximenes de. 2014. **Projeto Genoma Humano: um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista**. *Ciência Hoje. Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 561-577. Disponível em: < DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000300004> >. Acesso em: 08/08/2018.

GOLDBACH, T.; MACEDO, A.G. 2008. **Produção científica e saberes escolares na área de Ensino de Genética: olhares e tendências**. *JORNADAS LATINO-AMERICANAS DE ESTUDOS SOCIAIS DAS CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS (ESOCITE)*, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. p. 1-12. Disponível em: < www.necso.ufrj.br/esocite2008/resumos/36294.htm >. Acesso em 03/08/18.

GOLDBACH, Tânia; EL-HANI, Charbel Niño. 2008. **Entre receitas, programas e códigos: metáforas e idéias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar**. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 153-189, Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37428> >. Acesso em: 10 set. 2018.

GOMES, Bárbara De Magalhães Souza; MACHADO, Victor Maciel; SILVA, Antônio Márcio Teodoro Cordeiro. 2018. **Análise do conteúdo de genética solicitado no Exame Nacional do Ensino Médio**. *Anais da XXIX Semana do ICB*. Goiânia: UFG Disponível em: < <https://www.even3.com.br/anais/semanadoicb/96587-ANALISE-DO-CONTEUDO-DE-GENETICA-SOLICITADO-NO-EXAME-NACIONAL-DO-ENSINO-MEDIO> >. Acesso em: 29/10/2018 13:19

GRÁCIO, Maria Cláudia Cabrini. 2016 **Acoplamento bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual**. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, Florianópolis, v. 21, n. 47, p. 82-99, set. 2016.

ISSN 1518-2924. Disponível em: <
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2016v21n47p82/32343>
>. Acesso em: 23 fev. 2019. doi:<https://doi.org/10.5007/1518-2924.2016v21n47p82>.

GRIFFITHS, Anthony J. F., WESSLER, Susan R., CARROLL, Sean B., DOEBLEY, John. **Introdução à genética**. 11ª Ed. Rio Janeiro: Guanabarra Koogan, 2016.

GUPTA, Adarsh Bala. 2010. **Research Activities in Biochemistry, Genetics and Molecular Biology during 1998-2007 in India: A Scientometric Analysis**. *DESIDOC – Journal of Library and Information Technology*. N. 30 Vol. 1 <
https://www.researchgate.net/profile/Adarsh_Bala/publication/228495866_Research_Activities_in_Biochemistry_Genetics_and_Molecular_Biology_during_1998-2007_in_India_A_Scientometric_Analysis/links/09e415099faa47af95000000/Research-Activities-in-Biochemistry-Genetics-and-Molecular-Biology-during-1998-2007-in-India-A-Scientometric-Analysis.pdf >. Acesso em: 08/08/2018.

HAUSTEIN, S. 2016. **Grand challenges in altmetrics: heterogeneity, data quality and dependencies**. *Scientometrics*. p. 1-9. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/298336957_Grand_challenges_in_altmetrics_Heterogeneity_data_quality_and_dependencies > Acesso em: 01/01/2019.

HOFMAN, KJ; TAMBOR, ES; CHASE, GA; GELLER, G; FADEN, RR; HOLTZMAN, NA. 1993. **Physicians Knowledge of Genetics and Genetic Tests**. *Academic Medicine*. Vol. 68 No. 8 pages: 625-632. Disponível em: <
<https://europepmc.org/abstract/med/8352875> > Acesso em: 28/02/2019.

HUBLER, Tina; ADAMS, Patti; SCAMMELL, Jonathan. 2015. **Laboratory Activities to Support Student Understanding of the Molecular Mechanisms of Mutation & Natural Selection**. *The American Biology Teacher*. Vol. 77 No. 2. pp. 118-125. Disponível em: <
<http://abt.ucpress.edu/content/77/2/118.full.pdf+html> >. Acesso em; 23/08/2018.

JAMIESON, Annie; RADICK, Gregory. 2017. **Genetic Determinism in the Genetics Curriculum An Exploratory Study of the Effects of Mendelian and Weldonian Emphases**. *Science & Education*. Vol. 26 No. 10 Pages: 1261-1290. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/316986383_Genetic_Determinism_in_the_Genetics_Curriculum_An_Exploratory_Study_of_the_Effects_of_Mendelian_and_Weldonian_Emphases > Acesso em: 24/02/2019.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, MP; Rodriguez, RODRIGUEZ, A; DUSCHL, RA. 2000. **"Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics**. *Science*

Education. Vol. 84 No. 6 Pages: 757-792. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1098237X%28200011%2984%3A6%3C757%3A%3AAID-SCE5%3E3.0.CO%3B2-F> > Acesso em: 20/02/2019.

KIM, Sun Young; IRVING, Karen E. 2010. **History of Science as an Instructional Context: Student Learning in Genetics and Nature of Science**. *Science & Education*, Vol. 19, N. 2, p.187-215. < <https://citations.springer.com/item?doi=10.1007/s11191-009-9191-9> > Acesso em: 10/08/2018.

KRASILCHICK, Myriam. **Prática de Ensino em Biologia**. 4ªed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

KREUSER. H; MASSEY. A. **Engenharia genética e biotecnologia**. 2 ed. São Paulo: Artmed, 2002.

LAURINDO, R.; MAFRA, T. **Cienciometria da revista Comunicação & Sociedade identifica interfaces da área**. *Comunicação & Sociedade*, n. 53, p. 233-260, jan./jun. 2010. Disponível em: < <http://132.248.9.34/hevila/Comunicacao&sociedade/2010/vol31/no53/11.pdf> > Acesso em: 02/04/2019.

LIBÂNIO, José Carlos *et al.* **Educação Escolar: políticas, estrutura e organização**. 10ª ed. São Paulo: Cortez, 2012. p. 61-119.

LIBÂNIO, José Carlos. **Políticas educacionais no Brasil: desfiguramento da escola e do conhecimento escolar**. *Cadernos de Pesquisa* v.46 n.159 p.38-62 jan./mar. 2016.

LIMA-RIBEIRO, M. S. *et al.* **Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos**. *Acta Sci. Biol. Sci.*, v. 29, n. 1, p. 39-47, 2007 Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Matheus_Lima-Ribeiro/publication/42437416_Analise_cienciométrica_em_ecologia_de_populações_importancia_e_tendências_dos_últimos_60_anos_Scientometric_analysis_in_population_ecology_importance_and_trends_over_the_last_60_years/links/559bd6bf08ae898ed650a556/Analise-cienciométrica-em-ecologia-de-populações-importancia-e-tendências-dos-últimos-60-anos-Scientometric-analysis-in-population-ecology-importance-and-trends-over-the-last-60-years.pdf?origin=publication_detail > Acesso em: 19/02/2019.

LOPES, Sônia; ROSSO Sérgio. **BIO volume único**. 3ªed. São Paulo: Saraiva, 2013.

LUTTIKHUIZEN, Pieterella C. 2018. **Teaching evolution using a card game: negative frequency-dependent selection**. *Journal of Biological Education*. Vol. 52 No. 2. Pages: 122-129. Disponível em: <

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00219266.2017.1420677> > Acesso em: 12/10/2018.

MALONE, Kathy L.; SCHUNN, Christian D.; SCHUCHARDT, Anita M. 2018 **Improving Conceptual Understanding and Representation Skills Through Excel-Based Modeling.** *Journal of Science Education and Technology*. Vol. 27 No. 1 Pages: 30-44. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-017-9706-0> > Acesso em: 12/12/2018.

MARBACH-AD, Gili; ROTBAIN, Yosi; STAVY, Ruth. 2008. **Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics.** *Inc. J Res Sci Ensinar* 45: 273–292. Disponível em: < <https://doi.org/10.1002/tea.20222> > Acesso em: 18/08/2018.

MARTSCHENKO, Daphne; TREJO, Sam; DOMINGUE, Benjamin W. 2018. **Genetics and Education: Recent developments in the context of an ugly history and an uncertain future.** SocArXiv Papers. doi:10.31235/osf.io/74b8m. Disponível em: < <https://osf.io/preprints/socarxiv/74b8m/> > Acesso em: 20/02/2019

MAYER, Richard E. 2018. **Computer Games in Education.** *Annual Reviews*. Vol. 70, pages 531-549. Disponível em: < <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-psych-010418-102744> > Acesso em: 18/010/2018.

MEAD, Rebecca; HEJMADI, Momna; & HURST, D. Laurence. 2018. **Scientific aptitude better explains poor responses to teaching of evolution than psychological conflicts.** *Nature Ecology & Evolution*. Vol. 2, pages388–394. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0442-x> > Acesso em: 22/08/2018.

MOORE, Rob; MITCHELL, Gill; BALLY, Rod; INGLIS, Margaret; DAY, Jennifer & JACOBS, David. 2002. **Undergraduates' understanding of evolution: ascriptions of agency as a problem for student learning.** *Journaul of Biological Educations*. Vol. 36, Pages 65-71 Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655803> >. Acesso em: 23/07/2018.

MORAES, M. H. M.; GIROLDO, D. **Estudo Cientométrico dos Programas de Pós-Graduação em Educação no Brasil.** *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, v. 19, n. 40, p. 51-66, 2014.

MUGNAINI R. 2016 **The Impact Factor: its popularity and impacts, and the need to preserve the scientific knowledge generation process [editorial].** *Rev Esc Enferm USP*.

50(5):722-723. DOI: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0080-623420160000600002> >. Acesso em: 10/02/2019.

MUKHERJEE, Siddartha. *O Gene: Um história íntima*. São Paulo: Cia das Letras, 2016.

NAM, Sang-Chul. 2018. **Integration of a faculty's ongoing research into an undergraduate laboratory teaching class in developmental biology**. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. V. 46. No. 2, pages: 141-150. Disponível em: < <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bmb.84> > DOI: < 10.1002/bmb.21095 >. Acesso em: 16/02/2019

OLIVEIRA, T. B.; SILVA, C. S.F.; ZANETTI, J. C. 2011. **Pesquisas em Ensino de Genética (2004-2010)**. *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 8, Campinas. Atas...Campinas: ABRAPEC, p1-12. Disponível em: < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1182-2.pdf> > Acesso em: 29/07/2018.

OZDEM, Y; ERTEPINAR, H; CAKIRO- GLU, J; ERDURAN, S. 2013. **The Nature of Pre- servisse Science Teachers' Argumentation in Inquiry- oriented Laboratory Context**. *International Journal of Science Education*. v.35, p 2559-2586. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.611835> >

PEAKALL, R.; SMOUSE, P. E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*, v. 6, n. 1, p. 288-295. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/229436228_GenAIEx_V5_Genetic_Analysis_in_Excel_Populations_Genetic_Software_for_Teaching_and_Research > Acesso em 12/09/2018.

PENDLEBURY, David A. 2009. **The use and misuse of journal metrics and other citation indicators**. *Archivium Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, p 57, 1–11. Disponível em: < https://ils.unc.edu/courses/2014_fall/inls690_109/Readings/2009PendleburyUseMisueJournalMetrics.pdf > Acesso em 10/01/2019.

PEREIRA, A. F. *Diagnóstico inicial das dificuldades de articulação e sobreposição de conceitos básicos da genética utilizando jogos didáticos*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco. UFRPE, 2008 Disponível em: < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p513.pdf> > Acesso em 15/08/2018.

PRICE, Courtney G.; KNEE, Emma M.; MILLER, Julie A.; SHIN, Diana; MANN, James; CRIST, Deborah K.; GROTEWOLD, Erich; BRKLJACIC, Jelena. 2018. **Following Phenotypes: An Exploration of Mendelian Genetics Using Arabidopsis Plants.** *American Biology Teacher*. V: 80, edição: 4, p.: 291-300. DOI: < 10.1525/abt.2018.80.4.291 > Acesso: 16/02/2019.

REIS, Tainá Azevedo *et al.* 2010. **O ensino de genética e a atuação da mídia. CONNEPI: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação.** Maceió, IFAL < <http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/851/574> > Acesso em :13/08/2018.

SANGAM, S.L.; ARALI, Uma B.; PATIL C.G.; and GANI, S.R. 2014. **Research Trends in Genetics: Scientometric Profile of Selected Asian Countries.** *Journal of Library & Information Technology*, Vol. 34, No. 3, p. 248-256. Disponível em: < <http://publications.drdo.gov.in/ojs/index.php/djlit/article/view/5802> > Acesso em: 08/08/2018.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. 2008. **A história da ciência como aliada no ensino de genética.** *Revista Genética na Escola*, v. 1 n. 1, p. 17-18. Disponível em: < http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/historia_ciencia_genetica.pdf > Acesso em: 15/08/2018.

SCOTT, E. C. 2013. **This I believe: we need to understand evolution, adaptation, and phenotype.** *Frontiers in Genetics*, v. 3, p. 1-2. Disponível em: < <https://pdfs.semanticscholar.org/7e39/aa1fbc39c3fa9240024680132fa5eb306bb5.pdf> > Acesso em: 05/11/2018.

SEDDON, J. 2008. **Vets and videos: student learning from context-based assessment in a pre-clinical science course.** *ASSESSMENT & EVALUATION IN HIGHER EDUCATION*. Volume: 33. Edição: 5. Páginas: 559-566 Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02602930701699023> > Acesso em: 10/01/2019.

SIITONEN, Vilja; RATY, Kaj; METSA-KETELA, Mikko. 2016. **Laboratory Course on Streptomyces Genetics and Secondary Metabolism.** *Biochemistry and Molecular Biology Education*. Vol. 44 No 5 pp. 492-499. DOI: < 10.1002/bmb.20970 >.

SILVA, Luis Gustavo Moreira da; FERREIRA, Tarcísio José F. **O papel da escola e suas demandas sociais.** *Projeção e Docência* | v.5 | n.2 p. 6-23. Dez 2014. Disponível em: < <http://revista.faculdadeprojecao.edu.br/index.php/Projecao3/article/viewFile/415/372> >. Acesso em: 20/12/2018.

- SILVEIRA, Rodrigo Mendes da. 2015. TED-Ed E YOUTUBE.EDU- **Ferramentas para o Ensino de Genética**. Vol.10, n. 2, p. 176. Disponível em: < http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_4c887994c1b34fd7b7b8c1da1b92c385.pdf > Acesso em: 28/09/2018.
- SMITH, MK; WOOD, W. B.; ADAMS, W. K., WIEMAN, C.; KNIGHT, J. K.; GUILD, N.; SU, T. T. 2009. **Why Peer Discussion Improves Student Performance on In-Class Concept Questions**. *Science*. Vol. 323 No. 5910 Pages: 122-124. Disponível em: < <http://science.sciencemag.org/content/323/5910/122> > Acesso em: 20/02/2019.
- SOUZA, Ueric José Borges de; TELLES, Mariana Pires de Campos; DINIZ-FILHO, José Alexandre Felizola. **Tendências da literatura científica sobre genética de populações de plantas do Cerrado**. *Hoehnea* 43(3): 461-477, 2 tab., 8 fig., 2016. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/hoehnea/v43n3/2236-8906-hoehnea-43-03-0461.pdf> > Acesso em: 06/08/2018.
- SPETH, Elena Bray; SHAW, Neil; MOMSEN, Jennifer; REINAGEL, Adam; LE, Paul; TAQIEDDIN, Ranya; LONG, Tammy. 2014. **Introductory Biology Students' Conceptual Models and Explanations of the Origin of Variation**. *Cbe-life Sciences Education*. Vol. 13, N. 3 pp. 529-539. DOI: < 10.1187/cbe.14-02-0020 > Acessado em: 13/01/2019.
- SUWANJINDA, Duongdearn; EARNES, Chris; PANBANGRED, Watanalai. 2007. **Screening of Lactic Acid Bacteria for Bacteriocins by Microbiological and PCR Methods**. *Biochemistry and molecular Biology Education*. Vol. 35, No. 5, pp. 364–369. Disponível em: < <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bmb.84> >. Acesso em: 15/08/2018.
- VALE, Marcus Simão do. **Como a genética é trabalhada nos cursos de licenciatura em ciências biológicas no estado de Goiás**. Dissertação de Mestrado em Genética. Pontifícia Universidade Católica de Goiás- PUC-GO, 2018. Disponível em: < <http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/3990/2/Marcus%20Sim%C3%A3o%20do%20vale.pdf> > Acesso em: 15/09/2018.
- VAN ROOY, Wilhelmina Sabina; CHAN, Eveline. 2017. **Multimodal Representations in Senior Biology Assessments: A Case Study of NSW Australia**. *International Journal of Science and Mathematics Education*. Vol. 15. No. 7. Pages: 1237-1256. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-016-9741-y> > Acesso em: 20/02/2019.

VANTI, Nadia Aurora Peres. **Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento.** *Ci. Inf.*, Ago 2002, vol.31, no.2, p.369-379. ISSN 0100-1965.

Disponível

em:<<http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=article%5Edlibrary&format=iso.pft&lang=i&nextAction=lnk&indexSearch=AU&exprSearch=VANTI,+NADIA+AURORA+PERES>> Acesso em: 02/04/2019.

YANG, Xinmiao; HARTMAN, Mark R.; HARRINGTON, Kristin T.; ETON, Candice M.; FIERMAN, Matthew B.; SLONIM, Donna K.; WALT, David R. 2017. **Using Next-Generation Sequencing to Explore Genetics and Race in the High School Classroom.** *Cbe-life Sciences Education*. Vol.16 No. 2. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28408407>> Acesso em:12/09/2018

ZOHAR, A; NEMET, F. 2002. **Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics.** *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 39 No. 1 Pages: 35-62. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/tea.10008>. Acesso em: 10/02/2019