

COLÉGIO PEDRO II

Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Biologia

Isabelle de Oliveira Moraes

BIOINFORMÁTICA NO ENSINO DE BIOLOGIA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E A CONCEPÇÃO DE EDUCADORES

Rio de Janeiro
2019



Isabelle de Oliveira Moraes

**BIOINFORMÁTICA NO ENSINO BIOLOGIA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E A
CONCEPÇÃO DE EDUCADORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Biologia, vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Ciências e Biologia.

Orientadora Professora Paula Fernandes Tavares
Cezar de Mello, Sc.D.

Rio de Janeiro

2019

COLÉGIO PEDRO II
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA
BIBLIOTECA PROFESSORA SILVIA BECHER

CATALOGAÇÃO NA FONTE

M827 Moraes, Isabelle de Oliveira
Bioinformática no ensino de Biologia: revisão bibliográfica e concepção de educadores / Isabelle de Oliveira Moraes. – Rio de Janeiro, 2019.
77 f.

Monografia (Especialização em Ensino de Ciências e Biologia) – Colégio Pedro II. Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura.

Orientador: Paula Fernandes Tavares Cezar de Mello.

1. Biologia - Estudo e ensino. 2. Genética - Estudo e ensino. 3. Formação docente. I. Mello, Paula Fernandes Tavares Cezar de. II. Título.

CDD 570

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Simone Alves. CRB-7: 5692.

Isabelle de Oliveira Moraes

**BIOINFORMÁTICA NO ENSINO DE BIOLOGIA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E A
CONCEPÇÃO DE EDUCADORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Biologia vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Ciências e Biologia.

Aprovado em: ____/____/____.

Sc.D. Paula Fernandes Tavares Cezar Mello (Orientadora)
Colégio Pedro II

Sc.D. Guilherme Inocêncio Matos
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Sc.D. Violeta David Perini
Colégio Pedro II

AGRADECIMENTOS

Como promessa para toda a minha vida, os meus primeiros agradecimentos são para a minha querida avó, dona Maria D'Ajuda. Te agradeço por tudo que fez por mim e pelo exemplo de persistência, coragem e humanidade que me passou. Te amo eternamente.

À minha mãe, Kátia de Oliveira, por me dar um suporte psicológico imensurável e forças para persistir nos momentos mais difíceis. Obrigada pelas palavras de incentivo, pelo amor e por sempre acreditar em mim.

Ao meu irmão, André Moraes, por tirar meus sorrisos com suas colocações engraçadas, que me acalmavam nos meus períodos de estresse. Obrigada por toda a leveza que me trouxe. Como sempre digo, você é o melhor irmão que poderia sonhar em ter.

Aos meus demais familiares, avô Antônio Batista, tios Carlos de Oliveira, Cláudia Modesto e Marcelo Modesto, primos Michael Oliveira e Samuel Modesto e meu padrasto Wagner Souza, por estarem comigo durante essa jornada, me dando tanto amor.

Ao meu amor e melhor amigo, Jhonatan Ribeiro, por ter me apoiado quando decidi fazer a Especialização em paralelo ao Mestrado, com tanto amor. Você foi crucial para que eu chegasse até aqui. Muito obrigada por estar me acompanhando há tantos anos e construindo essa parceria.

À minha orientadora, Paula Mello, por ter construído essa pesquisa comigo e me orientado de maneira tão empática. Você tem sido inspiração para tantos alunos do Ensino Básico e de Iniciação Científica e, agora, está no mesmo caminho para com os alunos da Especialização. Me sinto muito honrada e orgulhosa por termos construído esse trabalho juntas.

Às maravilhosas amigas que construí durante a Especialização, quando qualquer assunto pequeno se tornava um grande devaneio. Anna Carla Alberto, Conceição dos Santos e Marianna Albergaria, obrigada por cada risada, desespero para a entrega de infinitos trabalhos e conselhos que vocês me deram. Aprendi muito com vocês.

Aos meus amigos Beatriz Azevedo, David Brito, Isabela Marçal, Manuela Monteiro, Oscar Amaral, Wellyngton Virtuoso, que estiveram comigo nesses últimos anos e entenderam minhas ausências, devido ao excesso de trabalho. Agradeço eternamente por cada palavra de incentivo que me deram, durante essa jornada.

E, finalmente, ao Colégio Pedro II que me formou como soldado da ciência e cidadã durante o Ensino Fundamental e Médio e, agora, me forma como professora. A gratidão é indescritível. Resistimos na luta.

Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.

(Paulo Freire)

RESUMO

MORAES, Isabelle de Oliveira. **Bioinformática no Ensino de Biologia**: revisão bibliográfica e a concepção de educadores. 2019. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Ciências e Biologia) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2019.

A Bioinformática é definida como uma área que utiliza técnicas de computação e informática para a interpretação de sistemas biológicos, através de dados genômicos e/ou proteômicos. Ela é apontada como recurso inovador para o Ensino de Biologia, por promover interdisciplinaridade e inserção tecnológica. Enquanto a sua utilização é descrita no Ensino Básico de países desenvolvidos, ela é escassa no Brasil. Assim, o objetivo desta pesquisa foi compreender o panorama acerca do emprego da Bioinformática enquanto um recurso metodológico no Ensino de Biologia, a fim de gerar aportes para sua implementação, enquanto ferramenta didática, na Educação Básica. Para alcançá-lo, realizou-se uma pesquisa exploratória através da revisão bibliográfica sistemática e levantamento de dados (*survey*). A revisão bibliográfica sistemática envolveu a busca por pesquisas que abordassem a temática “Bioinformática e Ensino” no *Google Scholar*, Portal Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações e na revista *Genética na Escola*. Foram utilizadas as palavras-chave “Bioinformática e Ensino”, “Bioinformática e Ensino de Biologia” e “Bioinformática e Ensino de Ciências”. A revisão bibliográfica sistemática revelou 10 artigos que abordam a Bioinformática como recurso didático, sendo 7 para o Ensino Superior ou Pós-graduação, 1 para a formação de professores da Educação Básica e 2 para estudantes do Ensino Médio. O *survey* consistiu na aplicação de um questionário, estruturado em três seções (“Perfil do Entrevistado”, “Concepções sobre Bioinformática” e “Atualização”), para licenciados e licenciandos de Ciências Biológicas. As respostas foram analisadas pelo método de tematização. Quanto ao *survey*, os entrevistados eram compostos por licenciados (N=50) e licenciandos (N=19) formados entre 1992 e 2018 e que irão se formar em 2022, em maioria, em universidades do Estado do Rio de Janeiro (N=59). Através de suas respostas, verificou-se que: (1) dos 69 respondentes, 39 definiram a Bioinformática satisfatoriamente; (2) os respondentes que não definiram Bioinformática satisfatoriamente concluíram a graduação, em maioria, entre 1992 e 2011; (3) a potencialidade quanto ao uso da Bioinformática enquanto recurso metodológico associa-se à possibilidade de contextualização de temas abstratos, como Genética e Biologia Molecular, divulgação da área de pesquisa, aproximação do ensino aos nativos digitais e uso da interdisciplinaridade; (4) as limitações quanto ao uso da Bioinformática enquanto recurso metodológico associam-se à falta de conhecimento dos docentes na área, ao engessamento curricular e a falta de infraestrutura. Os resultados indicam que, apesar de reconhecerem as potencialidades da Bioinformática enquanto recurso didático, os professores não apresentam a formação adequada para a sua utilização, sendo necessário um treinamento para este tipo de ferramenta.

Palavras-chave: Formação de Professores. Educação Básica. Ensino de Genética.

ABSTRACT

MORAES, Isabelle de Oliveira. **Bioinformatics in Biology Teaching**: bibliographic review and teacher perception. 2019. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Ciências e Biologia) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2019.

Bioinformatics uses computation and informatics for biological systems interpretation of genomic and proteomic data. It is pointed as an innovated resource for Science teaching, because of the interdisciplinarity and technology insertion promotion. While its use is described in basic education in developed countries, it is scarce in Brazil. Thus, the objective of this research was to understand the panorama about the use of Bioinformatics as a methodological resource in Biology Teaching, in order to generate contributions for its implementation as a didactic tool in Basic Education. To reach it, an exploratory research was conducted through systematic literature review and survey. The systematic literature review involved the search for research that addressed the theme “Bioinformatics and Teaching” in Google Scholar, Portal Capes, Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations and in the journal *Genética na Escola*, using the keywords “Bioinformática e Ensino”, “Bioinformática e Ensino de Biologia” and “Bioinformática e Ensino de Ciências”. The survey involved analyzing the responses of Biological Science graduates and graduates to a questionnaire consisting of three sections (“Interviewee Profile”, “Concepts on Bioinformatics” and “Update”). The responses were analysed through thematic analysis. The systematic literature review revealed 10 articles which approach Bioinformatics as a didactic resource, 7 for Higher Education or Postgraduate, 1 for the formation of teachers of Basic Education and 2 for students of High School. Regarding the survey, the interviewees were graduates (N = 50) and graduates (N = 19) graduated between 1992 and 2022, mostly in universities of the State of Rio de Janeiro (N = 59). Through their answers, it was found that: (1) of the 61 respondents, 39 defined Bioinformatics satisfactorily; (2) respondents who did not satisfactorily define Bioinformatics completed their undergraduate studies, mostly between 1992 and 2011; (3) the potentiality regarding the use of Bioinformatics as a methodological resource is associated with the possibility of contextualization of abstract themes, such as Genetics and Molecular Biology, dissemination of research area, approximation of teaching to digital natives and use of interdisciplinarity; (4) limitations on the use of bioinformatics as a methodological resource are associated with the lack of knowledge of teachers in the area, curricular plasterwork and lack of infrastructure. The results indicate that, despite recognizing the potential of Bioinformatics as a didactic resource, teachers do not have the necessary training for its use, being necessary training for this type of tool.

Keywords: Teachers training. Basic Education. Genetics Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A história da Genética, em linha temporal.....	16
Figura 2 - As relações na abordagem STEM.....	22
Figura 3 - Bioinformática como ferramenta no Ensino	25
Figura 4 - Instituição onde os respondentes licenciam.....	38
Figura 5 - Definição de Bioinformática pelos respondentes	39
Figura 6 - Relação da definição de Bioinformática com o ano de formação dos respondentes	41
Figura 7 - Formação continuada dos respondentes que definiram a Bioinformática satisfatória e insatisfatoriamente	42
Figura 8 - Contato dos respondentes com a Bioinformática.....	43
Figura 9 - As sete ferramentas de Bioinformática mais conhecidas pelos respondentes.....	46
Figura 10 - Conteúdos que poderiam ser ensinados com a Bioinformática.....	48
Figura 11 - Disciplinas que permitem interdisciplinaridade com Biologia na Bioinformática	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - A base dos projetos na plataforma "Bioinformática na Escola".....	27
Quadro 2 - Padrão da análise por tematização	33
Quadro 3 - Resultado da revisão bibliográfica integrativa.....	35
Quadro 4 - Tematização da pergunta "O que você entende por Bioinformática e suas aplicações?"	40
Quadro 5 - Tematização da pergunta "Em sua formação, você teve algum contato com a Bioinformática? Em caso positivo, faça um breve relato."	44
Quadro 6 - Tematização da pergunta "Qual a relevância de se utilizar Bioinformática no Ensino Básico?"	47
Quadro 7 - Tematização da pergunta "Quais os desafios para a implementação da Bioinformática no Ensino Básico?"	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 As tendências do Ensino de Biologia no Brasil.....	13
1.2 Breve histórico sobre o Ensino de Genética.....	14
1.3 As dificuldades no Ensino de Genética na Educação Básica.....	18
1.4 Novas abordagens para o Ensino de Genética	20
1.5 A bioinformática no Ensino de Biologia.....	23
2 OBJETIVOS	29
2.1 Objetivo Geral	29
2.2 Objetivos Específicos	29
3 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS	30
3.1 Revisão Bibliográfica Integrativa	30
3.2 Instrumento de coleta de dados	31
3.3 Análise de dados	32
3.4 Comitê de ética	33
4 RESULTADOS	34
4.1 Revisão Bibliográfica Integrativa	34
4.2 Validação do questionário	37
4.3 Caracterização dos respondentes	37
4.4 A definição dos respondentes sobre Bioinformática	38
4.5 A Bioinformática na formação dos licenciados e licenciandos.....	42
4.6 A bioinformática na Educação Básica	46
5 DISCUSSÃO	50
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE.....	64
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO VALIDADO	71
ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – QUESTIONÁRIO VALIDADO	75
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – PRÉ- TESTE	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 As tendências do Ensino de Biologia no Brasil

Desde a década de 1950, o Ensino de Biologia no Brasil passa por transformações constantes que são intrinsecamente influenciadas pelas mudanças política, cultural e histórica do país. Segundo Krasilchik (2008), até 1950, a disciplina Biologia no Ensino Secundário brasileiro se referia à “história natural” e apresentava uma forte influência europeia, devido ao uso de livros didáticos oriundos deste continente e a presença de professores estrangeiros no Brasil. A tendência desse período, que incluía as áreas de Botânica, Zoologia e Biologia Geral, com amplas discussões de assuntos como paleontologia, mineralogia e geologia, era abordar aspectos das classificações biológicas e relações filogenéticas (KRASILCHIK, 2008).

Krasilchik (2008) descreve que as novas descobertas científicas ao longo da década de 1950, o início de programas de pesquisas sobre Ensino de Ciências no Brasil e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional permitiram que o Ensino de Biologia iniciasse sua fase exponencial de transformações, havendo a inclusão de novos conteúdos no currículo, como Ecologia, Genética e Bioquímica. Com a ditadura militar no Brasil, na década de 70, houve um predomínio engessamento curricular devido à valorização da profissionalização dos estudantes, com a entrada de disciplinas como Zootecnia, Agricultura e Técnica de Laboratório na educação básica e profissionalizante.

Nesse contexto, entre os anos 1960 e 1970, originou-se o movimento de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que tem como principal objetivo incentivar a capacidade crítica e reflexiva da população quanto à dimensão social presente no desenvolvimento científico-tecnológico, promovendo a interdisciplinaridade (PINHEIRO et al., 2009). Assim, desde a retomada da democracia brasileira na década de 80, o enfoque CTS vem ganhando espaço educacional, gradativamente (PINHEIRO et al., 2009).

No final da década de 90, com a difusão dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), o objetivo da Biologia, enquanto disciplina escolar, foi redefinido. A nível prático, pesquisadores e professores definem que a Biologia apresenta três objetivos: (1) aprender conceitos básicos; (2) compreender o processo de investigação científica; e, (3) analisar as interações existentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (KRASILCHIK, 2008). A partir dessa nova concepção, o Ensino de Biologia passa a acompanhar os avanços da ciência e isso reflete nas mudanças das tendências de pesquisas da área de Ensino.

Ao investigar dissertações e teses defendidas entre 1972 e 2004, Megid-Neto (2005) verificaram que 14% delas eram sobre o tema “Educação em Ciências”. Por sua vez, Teixeira e Neto (2006) observaram um aumento sensível de defesas na área a partir de 1997 que associa-se ao maior investimento nas pós-graduações na área de Ensino e Educação (KRASILCHIK, 2008). Os mesmos autores, em 2012, analisaram quais desses trabalhos tiveram como público alvo o Ensino Médio e as subáreas mais abordadas; verificaram que 43% deles tiveram o Ensino Médio como enfoque, com uma abordagem nas subáreas Ecologia (13%) e Genética (11%) (TEIXEIRA; MEGID-NETO, 2012). Complementando estes achados, Sales, Oliveira e Landim (2011) realizaram uma revisão bibliográfica de periódicos publicados no período de 2006 a 2010, verificando que o Ensino Fundamental foi o maior público alvo e as subáreas mais abordadas no período foram Biologia Geral, Educação Ambiental, Genética e Biologia Molecular.

A subárea Genética e Biologia Molecular, que a cada período vem conquistando mais espaço no Ensino de Biologia, é uma das grandes representantes da perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (SOUSA; TEIXEIRA, 2014). Segundo Sousa e Teixeira (2014), ela apresenta sua relevância por corroborar para a compreensão de fenômenos relativos à evolução biológica e doenças humanas, e por abordar temas como Engenharia Genética. A seguir, discutiremos sobre o histórico do Ensino de Genética, no Brasil.

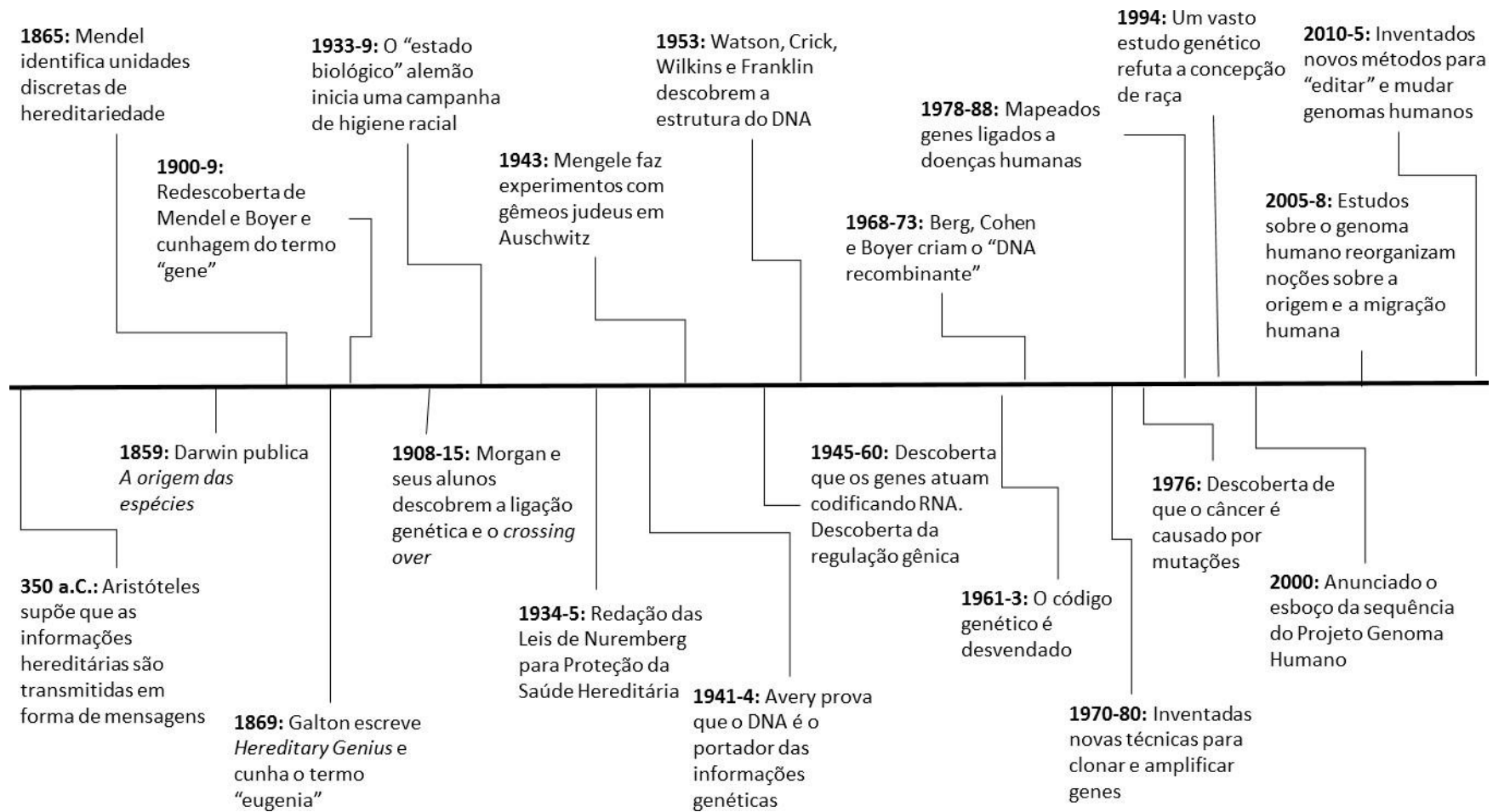
1.2 Breve histórico sobre o Ensino de Genética

Siddhartha Mukherjee, em seu livro “O Gene: uma história íntima”, publicado em 2016, discute a história da Genética, desde os experimentos com ervilhas de Gregor Mendel até a era pós-genômica (Figura 1).

Os achados do monge Gregor Mendel, em 1865, ao analisar cruzamentos de ervilhas da espécie *Pisum sativum*, permitiu que se inferisse as bases da hereditariedade, através da transmissão de características de geração para geração por meio das chamadas “unidades de hereditariedade”. Apesar de seus desdobramentos terem lançado as bases da hereditariedade e, como consequência, terem servido para alicerçar a 1ª Lei de Mendel (Lei da Segregação de Fatores) e a 2ª Lei de Mendel (Lei da Segregação Independente), o trabalho não apresentou notoriedade à época, sendo somente reconhecido no início do século XX (MUKHERJEE, 2016).

A partir da identificação da composição de bases nitrogenadas até a descoberta da estrutura do DNA, a área da Genética Molecular vem se desenvolvendo ao longo dos anos. Na era pós genômica, com as inovações tecnológicas para o estudo e edição do genoma, o desenvolvimento das técnicas em Engenharia Genética também vêm atuando na construção do conhecimento. Atualmente, a Genética é considerada uma área essencial para a compreensão da complexidade de doenças humanas, para estudos sobre filogenia e compreensão acerca da inexistência raças biológicas (MUKHERJEE, 2016).

Figura 1 - A história da Genética, em linha temporal



Fonte: Adaptado de Mukherjee (2016).

O pesquisador pioneiro em Genética Humana no Brasil e professor do Ensino Básico, Oswaldo Frota-Pessoa (1917-2010), foi um dos principais divulgadores da Genética no Brasil e contribuiu fortemente para a inserção desta subárea no Ensino de Biologia. Em 1938, Frota-Pessoa publicou o artigo “Por que os filhos se parecem com os pais?”, na década de 1950 escreveu colunas sobre ciência para revistas e, em 1960 publicou sua obra mais conhecida: o livro didático “Biologia na Escola Secundária” que, diferente dos livros didáticos da época, valorizava a experimentação e discussão (SILVEIRA, 2006). Sua formação em Genética influenciou na escrita do livro, que inovadoramente trouxe a temática para o Ensino Básico. Como o ensino brasileiro da época era principalmente baseado na utilização de livros didáticos como recurso, a Genética passou a ser difundida (LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2015).

Realizando um recorte sobre a história do Ensino de Genética no Brasil, Franzolin (2013) destaca que, segundo professores da rede pública estadual de São Paulo, os conteúdos mais importantes em Genética para o Ensino Médio são meiose, padrões de herança (Leis de Mendel) e conteúdos relacionados à genética molecular (estrutura e atuação do DNA; RNA e tradução; código genético; síntese de proteínas e biotecnologia), havendo uma valorização curricular da Genética Mendeliana e Molecular. Atualmente, sabe-se que a Genética é parte da rotina dos alunos devido à presença dela em filmes, séries, desenhos e notícias, o que contribui para despertar suas curiosidades. Um caso particular é a Engenharia Genética, que envolve temas como mutação e clonagem. No âmbito da perspectiva CTS, esse tema é conteúdo curricular previsto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio (BRASIL, 2018) e classificado por Reis (1999) como um tema controverso que promove a reflexão e a avaliação crítica do impacto da ciência na sociedade.

Apesar das técnicas de Engenharia Genética serem essenciais na promoção de saúde e na agricultura contemporânea, gerando transformações econômicas, sociais e culturais na sociedade, uma parte da população não tem conhecimento sobre as mesmas, impossibilitando a capacidade de analisar sua utilização com um viés crítico e reflexivo (AYUSO; BANET, 2002). Nesse contexto, a seguir, serão apresentadas as principais dificuldades encontradas no Ensino de Genética.

1.3 As dificuldades no Ensino de Genética na Educação Básica

O Ensino de Biologia apresenta o potencial de ser explorado de maneira plural, devido à heterogeneidade de seu discurso e ao avanço na elaboração de inovadoras metodologias e recursos didáticos que ocorrem desde a década 1970 (KRASILCHIK, 2008; FERREIRA, 2013). Contudo, com o uso recorrente de textos curtos e áridos baseados em livros didáticos, com poucas referências próximas aos alunos e com a valorização da exploração de conceitos, leis e fenômenos, este ensino torna-se descontextualizado e simplista (KRASILCHIK, 2008).

Segundo Duré, Andrade e Abílio (2018), o currículo de Biologia desafia o docente a abordar uma grande quantidade de conceitos em um curto período de tempo, o que influencia negativamente na compreensão dos estudantes e contribui para a desvalorização da aprendizagem significativa e crítica. Esta discussão dialoga com a reflexão promovida por Fourez (2003), que propõe que o ensino de Ciência e Tecnologia no Ensino Básico tem sido ordenado de maneira técnica, em que os estudantes seguem receitas formuladas por especialistas e tem a capacidade crítica subutilizada.

Nesse contexto, é possível verificar a tendência no Ensino de Biologia em valorizar o ensino tradicional, em que o aluno é considerado um sujeito passivo no processo de ensino-aprendizagem e o conteúdo programático é abordado pelos professores de maneira fragmentada e descontextualizada (KRASILCHIK, 2008). As características anteriormente citadas acerca do Ensino de Biologia, também descrevem o Ensino de Genética (LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2015), como será discutido a seguir.

Segundo pesquisa realizada a respeito do interesse de estudantes do Ensino Básico sobre Biologia, as subáreas que apresentam maior interesse são Saúde e Zoologia, enquanto as mais rejeitadas são Bioquímica e Genética (DURÉ; ANDRADE; ABÍLIO, 2018). O resultado obtido pode estar associado ao nível de abstração e contextualização: no caso de Saúde e Zoologia, os alunos apresentam a capacidade de associar os temas ao seu dia-a-dia, contextualizando o conhecimento; em contrapartida, Bioquímica e Genética são conteúdos abstratos e microscópicos que exigem uma maior capacidade de concentração e imaginação do aluno. Leal, Rôças e Barbosa (2015, p. 2) defendem que o conteúdo de Genética “se trata de um tema fortemente abstrato, conteudista e com uma nomenclatura praticamente exclusiva”, fazendo com que o aluno precise passar por uma espécie de “alfabetização em genética”, o que gera maior distanciamento e dificuldade.

Através da divulgação midiática, temas polêmicos que tangenciam a Engenharia Genética, e que são contextualizados pela ficção científica, têm sido apropriados pelo conhecimento popular, como “mutação”, “organismos geneticamente modificados” e “clonagem”. Leal, Rôças e Barbosa (2015) discutem que a familiarização com o uso de expressões como “DNA”, “síndrome”, “mutações” e “transgênico” pelo uso coloquial dificulta a compreensão de seus respectivos conceitos biológicos. Nesse contexto, é desejável que a população apresente conhecimentos prévios sobre Genética, Biologia Molecular e Biotecnologia, a fim de apresentar referências que os permita analisar as potencialidades, consequências e problemas que envolvem essas novas tecnologias (MOURA et al., 2013).

Mesmo frente à necessidade, observa-se que os estudantes não apresentam os conhecimentos básicos em Genética. Ao analisar as concepções prévias de estudantes de um pré-vestibular em Minas Gerais sobre Genética, Belmiro e Barros (2017) verificaram que a maioria deles apresentava ideias equivocadas quanto à condensação do DNA, estrutura dos cromossomos, redundância do código genético e a definição de “alelo”. O curioso é que esse resultado mais recente indica uma defasagem constante no processo de ensino aprendizagem ao longo dos anos, já que pesquisas indicaram resultado semelhante (BORGES; LIMA, 2007; DURBANO et al., 2008; FABRICIO et al.).

Ainda, observa-se que os docentes apresentam dificuldade em contextualizar a Genética, em sala de aula (DURBANO et al., 2008; GIACÓIA, 2006; FÁVARO, 2003; JUSTINA, 2000). Como exemplo, Pedrancini (2007) identificou que os professores apresentam dificuldade em compreender como fazer com que seus estudantes aprendam as novas abordagens em tecnologias genéticas. Conceição e Péron (2012) verificaram que os docentes de Piauí apresentavam conhecimento superficial, deficiente e desatualizado quanto a temáticas científicas atuais e muitas vezes não dominam conteúdos básicos. Tais resultados trazem a reflexão sobre o quanto as mudanças na sociedade vêm exigindo um novo perfil docente, o que traz certa urgência em repensar a formação de professores e sua formação continuada.

Tendo em vista as dificuldades citadas, revela-se necessária a atualização dos docentes quanto aos temas oriundos da Genética, assim como a promoção de metodologias e recursos didáticos que tornem a temática mais interessante e contextualizada para os alunos. Nesse âmbito, a seguir, serão apresentadas tendências e possíveis soluções para os problemas encontrados no Ensino de Genética.

1.4 Novas abordagens para o Ensino de Genética

No Brasil, é encontrada uma vasta bibliografia sobre Ensino de Genética. Em análise sobre publicações com a temática “Ensino de Genética no Ensino Médio”, Melo e Carmo (2009) verificaram que a Revista Genética na Escola (Sociedade Brasileira de Genética) apresenta o maior número de artigos na área, por ser uma revista especializada, seguida pelo Anais do Encontro Nacional de Estudantes de Biologia. Ainda, em 2018, a Sociedade Brasileira de Genética publicou um livro intitulado “Genéticas das ervilhas ao genoma humano: contribuições para uma revisão histórica e abordagens pedagógicas que apresenta onze abordagens inovadoras para o ensino de genética” (GÓES; AIRES, 2018). Em geral, as publicações divulgam novos recursos e metodologias didáticas que vão contra à direção de uma metodologia tradicional e uma educação bancária.

Freire (2005) criticou a valorização da educação bancária no Brasil, em que os estudantes são os depositários e o docente é o depositante; nela, a única margem de ação oferecida aos estudantes é a de receber os depósitos (conhecimento), guardá-los e arquivá-los. Nesse contexto, emerge a valorização das Metodologias Ativas, que têm o objetivo de colocar o estudante como protagonista no processo de ensino-aprendizagem, em que ele apresenta um papel ativo, e os professores têm o papel de facilitar esse processo mediante o estímulo à autoaprendizagem e curiosidade (GEMIGNANI, 2012).

Segundo Diesel, Baldez e Martins (2017), a Metodologia Ativa é baseada em seis princípios: (1) o aluno é o centro da aprendizagem, em que ele passa a ter mais controle e participação efetiva em sala de aula; (2) autonomia, em que o estudante exerce uma postura crítica e construtiva frente ao conhecimento, contribuindo para a sua formação como cidadão e profissional; (3) reflexão e problematização da realidade, em que o aluno faz uma análise da realidade de maneira a tomar consciência da mesma; (4) trabalho em equipe, que favorece a interação constante dos estudantes e a argumentação; (5) inovação, que desafia docentes e estudantes a saírem da sua zona de conforto; e (6) professor é o mediador da aprendizagem. Desta maneira, a Metodologia Ativa é capaz de promover a contextualização do conhecimento, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais efetivo.

A crítica à valorização da fragmentação no Ensino de Biologia no Brasil tem sido recorrente em dissertações e teses desde a década de 70 (TEIXEIRA; MEGID-NETO, 2012) e a interdisciplinaridade pode ser uma perspectiva interessante para evitar essa fragmentação, que também valoriza os princípios preconizados pela Metodologia Ativa. Em uma perspectiva

escolar, a interdisciplinaridade é importante na resolução de um problema concreto ou compreensão de um determinado fenômeno, a partir de diferentes pontos de vistas e utilizando o conhecimento de várias disciplinas, mantendo a interconexão através de relações de complementariedade, convergência ou divergência (BRASIL, 2000).

Apesar das dificuldades enfrentadas no Ensino de Biologia e, particularmente, no Ensino de Genética, verifica-se a presença de uma pluralidade de recursos didáticos para este último. Ela inclui a utilização de modelos didáticos (JUSTINA; FERLA, 2006; MASCARENHAS et al., 2016; BISSOLI; SANTOS; CONDE, 2018), filmes, seriados, documentários (MAESTRELLI; FERRARI, 2006; GUIMARÃES et al., 2011; RUI et al., 2013; MOREIRA, 2016; NASCIMENTO et al., 2016; RIBEIRO et al., 2017; GUEDES), literatura (FARIAS et al., 2017; GÓES et al., 2018) e jogos (PEREIRA et al., 2018), que podem promover a interdisciplinaridade da Biologia com Matemática e suas Tecnologias, Ciências Humanas e suas Tecnologias, Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e as outras disciplinas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais, verifica-se a discussão acerca da importância da aproximação das Ciências da Natureza às Humanas, que também é essencial para a formação de alunos ativos na sociedade e com capacidade crítica:

A problemática socioambiental e as questões econômico produtivas são científico-tecnológicas e são histórico-geográficas. As informações tecnológicas e científicas, dotadas de seus códigos matemáticos, seus símbolos e ícones, também constituem uma linguagem. Na realidade, o aprendizado das Ciências da Natureza e da Matemática deve se dar em estreita proximidade com Linguagens e Códigos, assim como com as Ciências Humanas. (BRASIL, 2000, p.10)

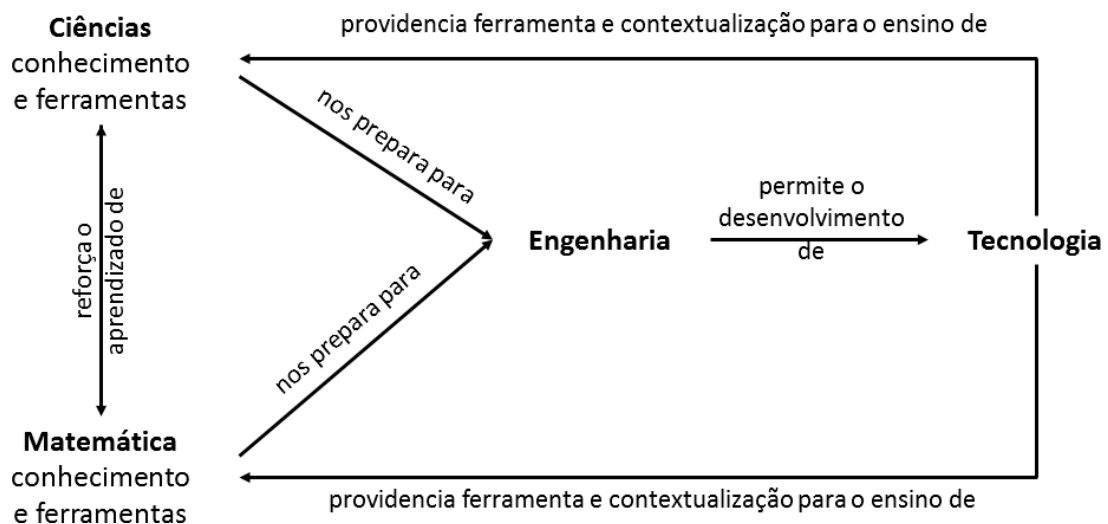
No caso dos temas científicos, sabe-se que eles não envolvem somente um viés biológico, químico ou físico. Segundo Piassi (2013), discutir o uso de armas nucleares, por exemplo, somente sob o ponto de vista das Ciências da Natureza é uma forma de observar o problema de maneira fragmentada, eliminando a possibilidade de abordar as questões históricas e consequências sociais que envolvem este fato. Desta forma, a atuação das Ciências Humanas torna-se enriquecedora, promovendo a interdisciplinaridade e discussões que incentivam a formação para a cidadania, que compõem a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade.

No contexto da interdisciplinaridade entre as Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química) e Matemática, apresenta-se outra proposta: a iniciativa STEM (do inglês, *Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Apesar de não ser frequentemente utilizada no Brasil, esta iniciativa tem como objetivo principal promover a construção de ferramentas

mentais nos estudantes para que eles sejam capazes de solucionar problemas com pensamento crítico, através de conceitos que envolvem a Ciência, a Tecnologia, a Engenharia e a Matemática. Esta metodologia rompe com o ensino tradicional, pois além de promover a interdisciplinaridade, promove a contextualização do aprendizado (WATSON; WATSON, 2013).

Na metodologia STEM, a interdisciplinaridade entre Ciências da Natureza e a Matemática reforça o processo de ensino-aprendizagem que envolve cada área, podendo preparar os estudantes para discutir problemas dentro da Engenharia e promovendo o desenvolvimento tecnológico, de maneira contextualizada (Figura 2). Como exemplo, Watson e Watson (2013) discutem que a metodologia STEM permite que, em sala de aula, os estudantes possam utilizar conceitos de álgebra e física para construir robôs e, conceitos de geometria, biologia e física para a construção de uma estufa.

Figura 2 - As relações na abordagem STEM. A Matemática e as Ciências geram conhecimento e ferramentas capazes de reforçar o aprendizado mútuo de ambas as áreas e que preparam o estudante para a aplicação prática na Engenharia. O desenvolvimento da Engenharia, em consequência, permite o desenvolvimento da Tecnologia, que quando associada ao seu impacto social, pode ser utilizada como tema de contextualização para o ensino de Matemática e Ciências



Fonte: Adaptado de Watson e Watson (2013).

Apesar do enfoque interdisciplinar incentivar a formação para a cidadania e um processo de ensino-aprendizagem mais contextualizado, a metodologia fragmentada ainda é

predominante (PIASSI, 2013). Acredita-se que a utilização de metodologias e recursos didáticos alternativos, como a perspectiva CTS e a iniciativa STEM, possa atuar como objeto de estudo interdisciplinar e estimulante da capacidade crítica dos estudantes.

Ainda, um fator que deve ser considerado para a atualização no Ensino de Biologia e, especificamente, para o Ensino de Genética, é a inserção de novas metodologias de ensino. Apesar da valorização de livros didáticos e aulas expositivas, a Educação Básica necessita inserir novas tecnologias digitais em suas metodologias (FRISON; VIANNA; RIBAS, 2012), a fim de desenvolver a leitura, escrita verbal, visual e audiovisual para construção do conhecimento e consciência crítica (SIQUEIRA, 2017). Deste modo, propõem-se que os docentes repensem sua prática pedagógica a fim de articular os conteúdos programáticos às novas tecnologias digitais.

Ainda assim, Araújo e colaboradores (2018) identificaram certa resistência nos docentes em utilizar recursos tecnológicos em sala de aula, que se resumem à utilização do projetor de imagem, apesar deles acreditarem que é necessário aumentar o uso desses recursos. Neste sentido, Teixeira e Neto (2012) observaram que apenas 1,6% das teses e dissertações brasileiras em Ensino de Biologia têm como alvo a análise da utilização de novas tecnologias de informação e comunicação e a informática como recurso didático. Todavia, Jesus e Souto (2016) verificaram uma tendência na utilização de tecnologias digitais no Ensino de Ciências, de acordo com as publicações analisadas entre os anos de 2005 e 2014.

Nos últimos anos, alguns trabalhos têm sido publicados relatando a utilização de aplicativos e jogos digitais no Ensino de Biologia, como Pokémon GO (RINO; FAKHOURY; MIRA, 2018), além da utilização do *youtube*, câmera fotográfica, internet, aplicativos e redes sociais (JESUS; SOUTO, 2016). Nesse contexto, é inserida a utilização de uma nova ferramenta no Ensino de Biologia: a Bioinformática.

1.5 A bioinformática no Ensino de Biologia

Apresentando seus primeiros relatos no final da década de 60, o termo “Bioinformática” era utilizado para referir-se à combinação entre computação, tecnologia e Biologia Molecular (HAGEN, 2000) e definido como “o estudo de processos de informática em sistemas biológicos” (HOGEWEG, 2011, p. 1, tradução nossa). Segundo Hagen (2000), sua ascensão deve-se a três fatores: aumento exponencial na quantidade de sequências de aminoácidos; a

ideia de que macromoléculas carregam a informação biológica; e, acesso de pesquisadores a computadores de alta velocidade desenvolvidos durante a II Guerra Mundial. Segundo o *National Center for Biotechnology Information*¹ (NCBI), banco de dados fundado em 1988, a Bioinformática é uma moderna área científica criada pela interseção entre Biologia, Ciência da Computação e Tecnologia da Informação que tem o objetivo de auxiliar no armazenamento, organização e processamento de dados biológicos. Os atuais dados biológicos utilizados na Bioinformática derivaram, principalmente, do Projeto Genoma Humano, que agrupa esta área em três subáreas: (1) genômica, que inclui sequências de DNA; (2) proteômica, que inclui a função, forma e interação de proteínas; e, (3) sistemas biológicos, que inclui a análise do papel da interação entre proteínas e DNA na função de células, tecidos e organismos (WEFFER; SHEPPARD, 2008).

Com o avanço e popularização da Bioinformática, foi possível utilizá-la como ferramenta para melhorar o diagnóstico de doenças e desenvolvimento de medicamentos e vacinas através do acesso ao genoma de patógenos, além de sua atuação no avanço da compreensão de processos evolutivos através da comparação de sequências nucleotídicas ou de aminoácidos (WEFFER; SHEPPARD, 2008). Ainda, o trabalho de pesquisadores também foi otimizado:

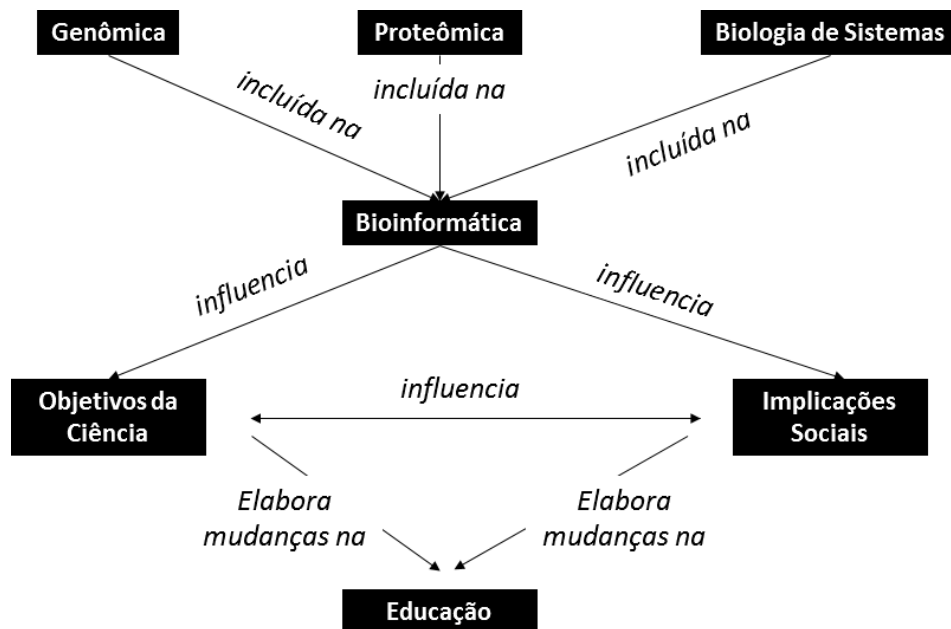
A Bioinformática permite que os cientistas analisem rapidamente sequências nucleotídicas em *softwares* e busquem por anormalidades. Mutações podem ser armazenadas, identificadas e analisadas utilizando a Bioinformática. Um pesquisador pode investigar uma sequência nucleotídica utilizando bancos de dados *online* para identificar mutações conhecidas que existem como alelos alternativos. O uso da Bioinformática permite que a identificação de novos alelos em populações ou novas variações de uma doença genética/infecciosa seja mais fácil. (WEFFER; SHEPPARD, 2008, p. 158, tradução nossa)

Desde meados dos anos 2000, a Bioinformática tem sido apontada como um recurso didático inovador para o Ensino de Biologia, que promove a interdisciplinaridade entre Ciências da Natureza e a Matemática e, a inserção no mundo digital (MARQUES et al., 2014). Segundo Form e Lewiter (2011), a Bioinformática pode ser inserida no Ensino Médio, pois permite que os alunos resolvam problemas biológicos através de ferramentas que representam o século 21, de uma maneira interativa e que estimula a capacidade crítica na pesquisa. Ainda, Wood e Gebhardt (2009) discutem que o acesso a bancos de dados de bioinformática oferece oportunidades no Ensino de Biologia para uma aproximação da pesquisa científica com o Ensino Básico.

¹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK44939/>

Sintetizando, a Bioinformática cria novos desafios para os alunos durante o processo de ensino-aprendizagem, devido à interação existente entre a Genética, Informática, avanços na Ciência e Impactos na Sociedade (Figura 3):

Figura 3 - Bioinformática como ferramenta no Ensino. A Bioinformática inclui ferramentas para a análise de dados genômicos e proteômicos, assim como suas relações em sistemas biológicos. Seu desenvolvimento permitiu o alcance de objetivos científicos e implicações sociais por meio da otimização de processamento de dados, avanço no desenvolvimento de medicamentos e métodos diagnósticos para doenças humanas e na compreensão sobre fenômenos evolutivos. Em conjunto, estes fatores geram mudanças no modo como a Educação é desenvolvida



Fonte: adaptado de Weffer e Sheppard (2008).

Weffer e Sheppard (2008), ao analisar o currículo de quarenta e sete estados dos Estados Unidos da América (EUA), identificam oito áreas no currículo básico em que a Bioinformática tem sido inserida ou correlacionada:

I. Projeto Genoma Humano e Genômica: o Projeto Genoma Humano gerou um amplo número de dados que puderam ser analisados com o desenvolvimento da Bioinformática.

II. **Biologia Forense:** o avanço nas novas tecnologias de DNA permitiu sua inserção na área forense, para a análise de evidências em crimes. A Bioinformática permite que perfis de DNA sejam armazenados em bancos de dados.

III. **Evolução e Classificação:** a comparação de sequências nucleotídicas e de aminoácidos com bancos de dados tem modificado o conhecimento já produzido em Evolução, reorganizando relações filogenéticas.

IV. **Varição Nucleotídica:** a Bioinformática permitiu que os pesquisadores conseguissem analisar variações nucleotídicas em uma maior velocidade.

V. **Medicina:** os bancos de dados permitem a identificação de variantes associadas a diversas doenças genéticas e infecciosas.

VI. **Computação:** a utilização de ferramentas de Bioinformática depende do uso da tecnologia e ferramentas de computação.

VII. **Agricultura:** a Bioinformática proporcionou aportes para o desenvolvimento de metodologias mais ágeis para a busca de organismos que apresentam sequências nucleotídicas específicas, que podem ser incorporadas na agricultura ou indústria alimentícia.

VIII. **Ciência, Tecnologia e Sociedade:** nessa perspectiva, as questões éticas que envolvem o uso da Bioinformática, assim como seus impactos na sociedade podem ser discutidas.

Segundo os autores, as áreas anteriormente citadas são utilizadas pelas escolas dos EUA para abordar a Bioinformática de maneira generalista, sendo importante acrescentar atividades práticas. Porém, é necessário o treinamento de professores (WEFFER; SHEPPARD, 2008). Neste sentido, o consórcio *European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) desenvolveu um treinamento para professores do Ensino Básico que está disponível desde 2010 para diversos países (WOOD; GEBHARDT, 2013) e verificou que as maiores dificuldades encontradas pelos professores para a aplicação da Bioinformática em sala de aula são: o acesso ao computador, a falta de tempo para adaptar as atividades e a necessidade de tradução dos materiais.

A Bioinformática era uma área ausente do âmbito escolar (WEFFER; SHEPPARD, 2008), mas desde então alguns trabalhos vêm sendo publicados descrevendo a experiência de professores com a introdução da Bioinformática no Ensino Médio, como:

I. Amenkhienan e Smith (2006): utilização do BLAST para avaliar os diferentes tipos de mutação e suas consequências no genoma.

II. Hacisalihoglu e colaboradores (2008): utilização do BLAST (do inglês, *Basic Local Alignment Search Tool*) para a procura de genes específicos de plantas;

III. Tenório (2014): utilização dos bancos de dados NCBI Protein e Clustal Omega para o ensino de Bioquímica e Evolução, com base na molécula de citocromo-C oxidase;

IV. Cezar-de-Mello (2017): utilização do NCBI, BLAST e PDB (do inglês, *Protein Data Bank*) para a caracterização quanto às estruturas do gene e a proteína associada.

Em Portugal, Marques e colaboradores (2014) desenvolveram uma plataforma *online* de Bioinformática direcionada para o Ensino Básico, o “Bioinformática na Escola” (<http://www.bioinformatica-na-escola.org/>), que propõe atividades de 90 minutos com o uso de bancos de dados gratuitos disponíveis. Estas atividades são denominadas “projetos” e incluem a abordagem de um conceito para responder a uma questão com o auxílio de determinado banco de dados ou *software*, como observado no Quadro 1:

Quadro 1 - A base dos projetos na plataforma "Bioinformática na Escola"

Conceito	Questão	Software/Banco de Dados
Bancos de dados biológicos	Onde eu encontro uma informação biológica?	GeneCards, UniProt/Swiss-Prot, PubMed, OMIM, Human Gene Mutation Database
Estrutura do gene	Onde o gene “x” está no genoma?	GeneMark, WWWPromoterScan
Homologia e código genético	Existem genes similares ao gene “x”?	NCBI’s ORF finder, BLAST
Estrutura de proteínas	Qual a similaridade entre a proteína “x” e a proteína “y”?	Clustalw, PDB site, Rasmol
Mutações	O que acontece quando partes do gene mudam?	Ensembl, OMIM

Fonte: Adaptado de Marques e colaboradores (2014)

No Brasil, atualmente, os cursos de extensão universitária representam uma das formas mais comuns de difundir a Bioinformática. Contudo, ela não é uma ferramenta exclusiva da universidade, podendo ser utilizada com um intuito educacional no Ensino Básico (FREIRE et

al., 2018), apesar da escassez de trabalhos brasileiros publicados na área. Um deles é o trabalho de Rosa e Loreto (2013) que realizaram uma atividade com um grupo de alunos do 2º ano do Ensino Médio, em que eles foram orientados a acessar o *GenBank* durante a aula sobre Síntese de Proteínas e concluiu-se que a atividade permitiu um avanço significativo das relações conceituais do conteúdo.

A conclusão de Rosa e Loreto (2013) indica que a Bioinformática pode ser utilizada como recurso didático no Ensino de Biologia para alcançar uma das competências fundamentais de Ciências da Natureza da BNCC:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 553).

Analisando este panorama e os benefícios da Bioinformática no Ensino Básico, questiona-se os motivos pelos quais a Bioinformática ainda é um recurso pouco difundido e estudado no Ensino de Ciências e Biologia no Brasil mesmo frente a essencialidade da inovação de práticas para a utilização de novas tecnologias. Neste âmbito, a presente pesquisa é proposta.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Compreender o panorama acerca do emprego da Bioinformática enquanto um recurso metodológico no Ensino de Biologia, a fim de gerar aportes para sua implementação, enquanto ferramenta didática, na Educação Básica.

2.2 Objetivos Específicos

I – Compreender as concepções de licenciandos e licenciados de Ciências Biológicas acerca da utilização da Bioinformática na escola;

II – Identificar as facilidades e dificuldades para a adesão da Bioinformática no Ensino de Biologia.

3 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

Esta é uma pesquisa exploratória, que tem o objetivo de “desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores” (GIL, 2008, p. 27). No âmbito desta pesquisa e através dessa metodologia, busca-se obter um panorama geral sobre a utilização da Bioinformática no Ensino de Biologia e da percepção dos docentes acerca do tema.

Para realizar esta pesquisa, foram desenvolvidas três etapas: (1) revisão bibliográfica integrativa, (2) levantamento de dados (*survey*) e (3) análise de dados.

A revisão bibliográfica integrativa “tem como finalidade sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão, de maneira sistemática, ordenada e abrangente” (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014, p. 9). Ela consistiu na busca por artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses que abordassem a temática “Bioinformática no Ensino”, em bancos de dados e periódicos específicos. Segundo Gil (2008), as teses e dissertações são constituídas por trabalhos originais e/ou que apresentam uma revisão bibliográfica acurada, sendo uma fonte de informação relevante; e, os periódicos são valiosos por apresentarem uma produção científica recente.

Por sua vez, o *survey* é definido como a aplicação de um instrumento de pesquisa para a obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas representativas de um público-alvo (FREITAS et al., 1999). Segundo Pinsonneault e Kraemer (1993), o *survey* apresenta três propósitos: explanatório, exploratório e descritivo; e, segundo Sampieri (1991) ele apresenta dois momentos: longitudinal e corte-transversal. No caso da presente pesquisa, o *survey* tem o propósito descritivo, pois busca identificar situações, eventos ou opiniões associadas ao público-alvo, e apresenta corte-transversal, pois a coleta de dados ocorreu em apenas um momento.

3.1 Revisão Bibliográfica Integrativa

A revisão bibliográfica integrativa foi desenvolvida em seis etapas padronizadas por Botelho, Cunha e Macedo (2011): (1) identificação do tema e seleção da questão da pesquisa; (2) estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão; (3) identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados; (4) categorização dos estudos selecionados; (5) análise e interpretação dos resultados; e, (6) apresentação da revisão/síntese do conhecimento. Os bancos de dados ou periódicos selecionados para busca foram:

I. Portal de Periódicos da Capes: biblioteca virtual que integra e dissemina um acervo de artigos científicos internacionais de cento e trinta bases referenciais, sendo um banco de dados representativo do estado da arte do tema à nível internacional.

II. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD): repositório que integra e dissemina textos completos de teses e dissertações defendidas em instituições de pesquisa brasileiras, sendo uma ferramenta representativa do estado da arte do tema a nível nacional.

III. *Google Scholar*: ferramenta de pesquisa do *Google*, que permite acesso à literatura acadêmica, jornais de universidade e artigos, sendo uma ferramenta acessível e abrangente para a análise do estado da arte do tema a nível internacional.

IV. Revista Genética na Escola: revista especializada no Ensino de Genética que apresenta o maior número de artigos na área “Ensino de Genética” com edições desde 2006, sendo um periódico informativo para a análise do estado da arte do tema à nível nacional (MELO; CARMO, 2009).

Para a análise nos bancos de dados Portal de Periódicos da Capes, BDTD e *Google Scholar*, foram utilizados os termos de busca “Bioinformática e Ensino”, “Bioinformática e Ensino de Biologia” e “Bioinformática e Ensino de Ciências”. Os trabalhos que apresentavam o uso da Bioinformática como técnica de pesquisa foram excluídos. Somente os artigos que retratavam a utilização da Bioinformática como recurso didático para o Ensino Básico, de Graduação e Pós-Graduação brasileiros foram incluídos.

Para a análise na revista Genética na Escola, foram utilizadas todas as edições disponíveis *online* dos anos de 2006 a 2019. Foram incluídos na análise, todos os artigos que descreviam a utilização de alguma ferramenta de Bioinformática como recurso didático para o Ensino Básico, de Graduação e Pós-Graduação.

Os artigos, teses e dissertações obtidos através das duas análises foram categorizados segundo o público-alvo (Ensino Básico, Graduação e Pós-Graduação) e a ferramenta de Bioinformática descrita (NCBI, BLAST, PDB, entre outros).

3.2 Instrumento de coleta de dados

Para o levantamento de dados quantitativos e qualitativos acerca das concepções de licenciados e licenciandos de Ciências Biológicas sobre a utilização da Bioinformática como

recurso didático no Ensino de Biologia, foi utilizado o método de pesquisa *survey* descritivo e em corte-transversal.

Elaborou-se um questionário semiestruturado e autoaplicado (GIL, 2008) na ferramenta Formulário *Google* composto por três seções (Apêndice B): (1) perfil do entrevistado, que teve o objetivo de identificar o perfil dos respondentes acerca de sua formação; (2) compreensão sobre Bioinformática, que teve o objetivo de identificar a compreensão prévia dos respondentes acerca da definição de Bioinformáticas, suas ferramentas e sua aplicação enquanto recurso didático para o Ensino Básico; e, (3) atualização, que teve o objetivo de identificar o interesse dos respondentes em realizar cursos de capacitação para a utilização da Bioinformática como recurso didático.

Anteriormente à divulgação do questionário para a obtenção de dados, foi realizado um pré-teste com o objetivo de assegurar a validade e precisão do instrumento de coleta da presente pesquisa. Ele consistiu na validação do questionário por um grupo composto por dezesseis professores de Ciências e Biologia selecionados segundo a metodologia de amostragem não probabilística por conveniência, em que os participantes foram escolhidos segundo sua disponibilidade para participar da pesquisa (MAROTTI et al., 2008; GIL, 2008). Através desta validação, o grupo teve o objetivo de evidenciar possíveis falhas no questionário elaborado, tais como complexidade, exatidão e constrangimento (GIL, 2008), pontuando as perguntas de acordo com: (1) clareza e precisão de termos, (2) forma das questões, (3) ordem das questões e (4) introdução do questionário (Apêndice A). O pré-teste não apresentou mudanças significativas para o questionário.

Após a validação, o questionário foi divulgado para licenciados e licenciandos em Ciências Biológicas através de redes sociais – *Facebook* e *Instagram* – e por e-mail. Após divulgação, ele permaneceu disponível para respostas durante um período de dois meses (maio e junho de 2019).

3.3 Análise de dados

As respostas às perguntas abertas do questionário foram analisadas qualitativamente, de acordo com os pressupostos da análise por tematização proposta por Fontoura (2011), que consiste na classificação das respostas em unidades de significado (US) e unidades de contexto (UC). As UC são classificadas como trechos longos que representam determinado grupo,

enquanto as US são palavras e expressões curtas que também definem a essência do grupo (FONTOURA, 2011). As US foram definidas pela pesquisadora, de acordo com o padrão de respostas dos respondentes. A resposta mais representativas de cada US foram utilizadas como exemplo para a UC. Desta maneira, todas as respostas de cada pergunta foram tabeladas no modelo a seguir:

Quadro 2 - Padrão da análise por tematização

Identificação	Unidade de Significado	Unidade de Contexto	Comentário
Identificação numérica da Unidade de Significado	Ideia principal da resposta	Exemplo de resposta que se adequa à unidade de significado	Definição da unidade de significado

Fonte: A autora, 2019.

Todos os respondentes tiveram seus nomes codificados com a letra “R” seguida por um número (exemplo: R1) e foram agrupados segundo sexo e formação de acordo com as respostas à seção “Perfil do Entrevistado” (Apêndice B).

3.4 Comitê de ética

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Colégio Pedro II, sob número de parecer 3.363.788. Todos os participantes, incluindo os respondentes do pré-teste e os respondentes do questionário validado, aceitaram fazer parte da pesquisa, após declararem estar de acordo com Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexos A e B).

4 RESULTADOS

4.1 Revisão Bibliográfica Integrativa

Foram encontrados onze artigos que retratavam a utilização da Bioinformática como ferramenta didática (Quadro 3). Na busca no Portal de Periódicos da Capes, BDTD e *Google Scholar*, apenas quatro artigos foram incluídos para avaliação: Freire e colaboradores (2018), Ribeiro e colaboradores (2012), Rosa e Loreto (2013) e Ribeiro e colaboradores (2011). Na busca na revista *Genética na Escola*, foram incluídos sete artigos para a avaliação: Maia (2018), Antunes e colaboradores (2016), Cruz e colaboradores (2016), Souza e colaboradores (2015), Pacheco e colaboradores (2015), Antunes e colaboradores (2014), Rosa e colaboradores (2010).

Sete artigos têm como público-alvo alunos de graduação ou pós-graduação (Antunes et al., 2016; Cruz et al., 2016; Pacheco et al., 2015; Antunes et al., 2014; Freire et al., 2018; Ribeiro et al., 2012; Ribeiro et al., 2011), um artigo tem como público-alvo professores do Ensino Básico (Souza et al., 2015) e dois artigos tem como público alvo alunos do Ensino Médio (Rosa e Loreto, 2010; Rosa e Loreto, 2013).

As ferramentas de Bioinformática utilizadas pelos autores são: Bioedit (HALL, 1999), *Open Reading Frame Finder* (ORFfinder), BLAST (ALTSCHUL et al., 1990), *The Barcode of Life Data System* (BOLD) (RATNASINGHAM et al., 2007), *Online Mendelian Inheritance in Man* (OMIM) (HAMOSH et al, 2005), entre outros. Salienta-se que as ferramentas mais citadas são BLAST (N=3) e NCBI (N=5) (Quadro 3).

Quadro 3 - Resultado da revisão bibliográfica integrativa

ID	Revista	Título	Autores	Ferramenta	Nível
A1	Genética na Escola	Bioedit: um software para alinhamento de genes e construção de árvores evolutivas	Maia (2018)	Bioedit	Todos
A2	Genética na Escola	Ser ou não ser, eis a questão: predizendo a função de sequências de DNA usando o Blast2GO	Antunes e colaboradores (2016)	Blast2GO	Graduação ou Pós-Graduação
A3	Genética na Escola	Procurando agulha no palheiro: predição de genes a partir de sequências genômicas	Cruz e colaboradores (2016)	ORFfinder, BLASTn, BLASTx	Graduação ou Pós-Graduação
A4	Genética na Escola	Código de Barras de DNA: uma atividade para entender a identificação de espécies	Souza e colaboradores (2015)	BOLD	Formação de professores do Ensino Básico
A5	Genética na Escola	Bancos de dados biológicos: uma investigação médica para familiarizar-se com a Bioinformática	Pacheco e colaboradores (2015)	OMIM, NCBI gene, PubMed, dbSNP e Ensembl	Graduação
A6	Genética na Escola	Como desvendar enigmas genéticos a partir da comparação de sequências	Antunes e colaboradores (2014)	BLAST	Graduação ou Pós-Graduação
A7	Genética na Escola	Utilizando o Genbank como integrador de conceitos de biologia molecular	Rosa e Loreto (2010)	NCBI	Ensino Médio
A8	Revista Thema	Proposta pedagógica em prática no ensino de Bioquímica na modalidade a distância: aproveitamento de softwares livres como facilitador do processo de ensino e de aprendizagem	Freire e colaboradores (2018)	NCBI, Translate Toll, ComputeI/Mw tool, Signal P 4.1, NetNGLyc 1.0 Server, CPHModels	Graduação

A9	Acta Scientiarum. Education	Bioinformática como recurso pedagógico para o curso de ciências biológicas na Universidade Estadual do Ceará – UECE – Fortaleza, Estado do Ceará	Ribeiro e colaboradores (2012)	NCBI, BLAST	Graduação
A10	R. B. E. C. T.	Abordagem Prática de Bioinformática em Evento Acadêmico-Científico na Cidade de Fortaleza-Ce	Ribeiro e colaboradores (2011)	NCBI, BLAST	Graduação
A11	Investigações em Ensino de Ciências	Análise, através de mapas conceituais, da compreensão de alunos do ensino médio sobre a relação DNA-RNA-proteínas após o acesso ao Genbank	Rosa e Loreto (2013)	NCBI	Ensino Médio

Fonte: A autora, 2019.

4.2 Validação do questionário

Anteriormente à aplicação do questionário, foi realizado um pré-teste com dezesseis professores selecionados para a avaliação da estrutura do instrumento utilizado para o levantamento de dados. Como resultado do pré-teste, não foram realizadas alterações significativas no questionário.

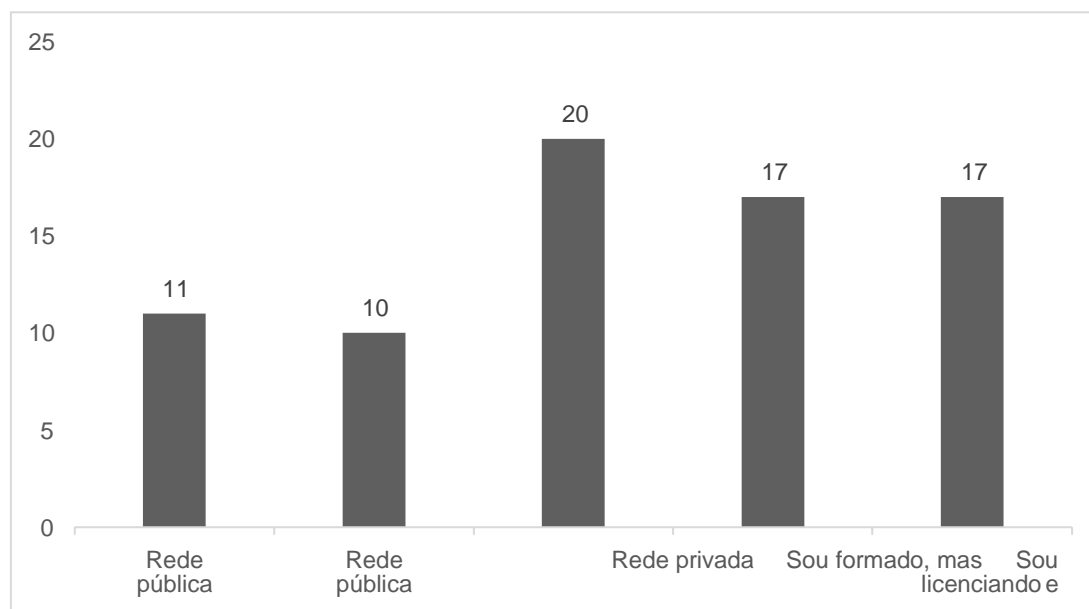
Contudo, mesmo com esta etapa anterior, dois problemas foram encontrados no questionário validado, que impediram a análise de duas perguntas: (1) pergunta 6, “Há quanto tempo você leciona” e (2) pergunta 14 “Você já utilizou alguma ferramenta de Bioinformática em sala de aula? Em caso negativo, justifique. Em caso positivo, descreva sua experiência” (Apêndice B). Quanto à pergunta 6, ela não abrangeu os respondentes licenciandos, pois não foi colocada a opção “ainda não leciono”, como resposta. Já quanto à pergunta 14, alguns respondentes compreenderam como uma pergunta sobre a utilização da Bioinformática em sala de aula enquanto aluno e não enquanto professor.

4.3 Caracterização dos respondentes

A caracterização dos respondentes pôde ser obtida através da análise das perguntas 1 a 6 do questionário (Apêndice B).

O grupo de respondentes é composto por sessenta e nove pessoas, entre licenciados (N=59) e licenciandos (N=17), que lecionam Ciências ou Biologia na rede pública estadual (N=11), municipal (N=10) e rede privada (N=20) ou que ainda não lecionam (N=34) (Figura 4). A maioria dos respondentes é composta por mulheres (N=46).

Figura 4 - Instituição onde os respondentes licenciam. Os respondentes são divididos nos grupos que lecionam em rede pública estadual, rede pública municipal e rede privada; que não lecionam, apesar de formados; e, que são licenciandos e ainda não lecionam



Fonte: A autora, 2019.

Entre os licenciados, a maioria se formou entre 2010 e 2019 (N=30) e a minoria entre 1990 e 2000 (N=4).

Considerando-se todo o grupo de respondentes, a maioria concluiu ou está cursando a graduação na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) (N=22) e na Universidade Federal do Rio de Janeiro (N=19). Ainda, também são participantes da pesquisa graduados e graduandos de universidades privadas, como a Cândido Mendes, Celso Lisboa e UNISUAM, totalizando dezoito respondentes.

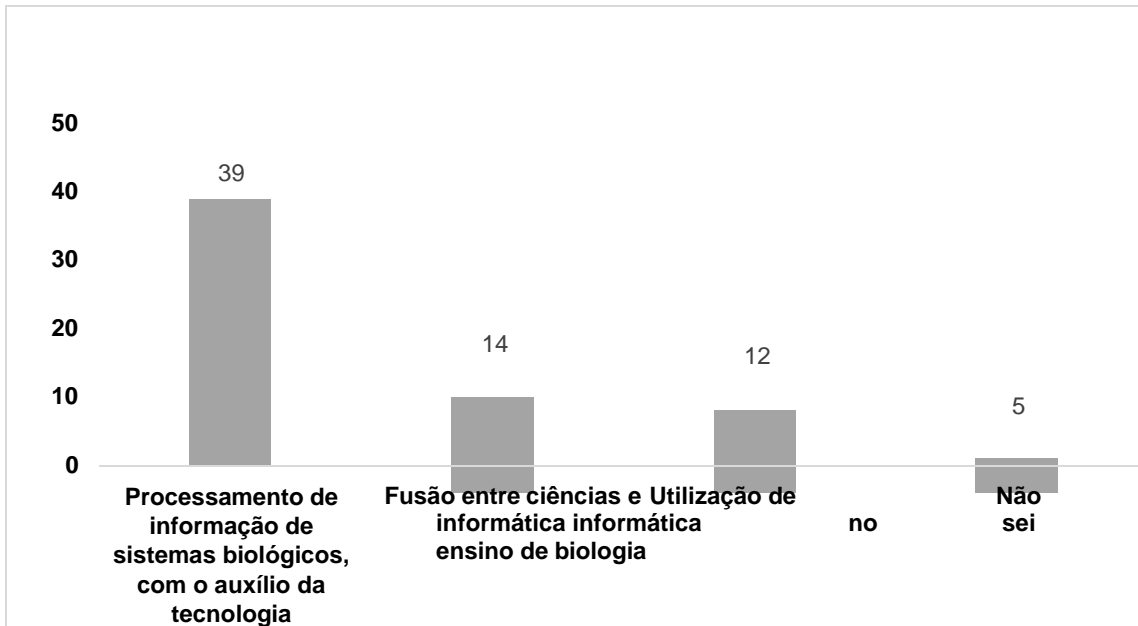
4.4 A definição dos respondentes sobre Bioinformática

A análise da definição dos respondentes sobre Bioinformática foi realizada a partir das respostas às perguntas três e oito do questionário (Apêndice B).

Os respondentes definiram a Bioinformática de três formas: de maneira (1) correta, como o “processamento de informação de sistemas biológicos, com o auxílio da tecnologia” (N=39); de maneira (2) parcialmente correta, utilizando apenas a etimologia da palavra, como “uma fusão entre biologia e informática” (N=14); e de maneira (3) incorreta, como a “utilização da

informática no Ensino de Biologia” (N=12). Ainda, cinco respondentes indicaram que não sabiam definir (Figura 5; Quadro 4).

Figura 5 - Definição de Bioinformática pelos respondentes. Os respondentes classificaram a Bioinformática como: “Processamento de informação de sistemas biológicos, com o auxílio da tecnologia”; “Fusão entre ciências e informática”; e, “Utilização de informática no ensino de biologia”. Também houve respondentes que indicaram não saber responder (“não sei”)



Fonte: A autora, 2019.

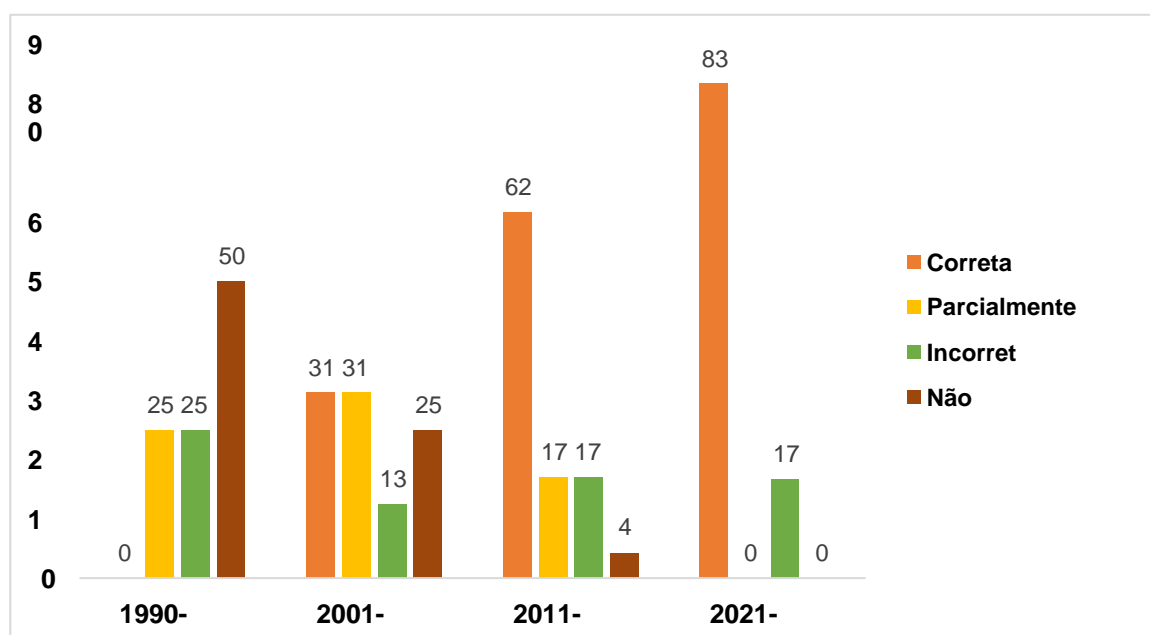
Quadro 4 - Tematização da pergunta "O que você entende por Bioinformática e suas aplicações?"

Identificação	Unidade de Significado	Unidade de Contexto	Comentário
US1	Processamento de informação de sistemas biológicos, com o auxílio da tecnologia	R68: Na minha visão, a Bioinformática seria o campo de conhecimento que abrange quaisquer técnicas de processamento de informação relacionada a sistemas biológicos obtidas com auxílio de ferramentas da informática e da computação. Suas aplicações são inúmeras, principalmente nas áreas de Genética e Biologia Molecular (como em sequenciamento), da Bioquímica, da Bioestatística e da Taxonomia (com as contribuições moleculares sobre os organismos obtidas por programas de Bioinformática e de bancos de dados).	Resposta correta, em que o respondente associou a Bioinformática à modelagem computacional ou análise de dados
US2	Fusão entre ciências e informática	R31: Híbrido entre Biologia e informática. Usa tecnologia para aplicar Ciência	Resposta incompleta, em que o respondente apenas definiu a Bioinformática como algo relacionado à Biologia e Informática
US3	Utilização de informática no Ensino de Biologia	R66: Utilização da tecnologia de informática para fins didáticos. Criação de ferramentas que contribua para o aprimoramento do ensino dos conteúdos de biologia em digital como ilustração em 3D e etc.	Resposta incorreta, em que o respondente associou a Bioinformática ao uso da informática no Ensino de Biologia e Ciências
US4	Não sei	R57: Não sei ao certo o que seria Bioinformática.	O respondente indicou que não sabia responder

Fonte: A autora, 2019.

Observou-se que nenhum respondente formado entre 1990 e 2000 (N=4) definiram a Bioinformática corretamente. Entre os formados entre 2001 e 2010 (N=16), 31% definiram corretamente, 31% parcialmente e 13% incorretamente e 25% não souberam definir. Entre os formados entre 2011 e 2020 (N=47), 62% definiram corretamente, 17% parcialmente, 17% incorretamente e 4% não souberam definir. Entre os formados em 2021 e 2022 (N=6), 83% definiram corretamente e 17% incorretamente (Figura 6).

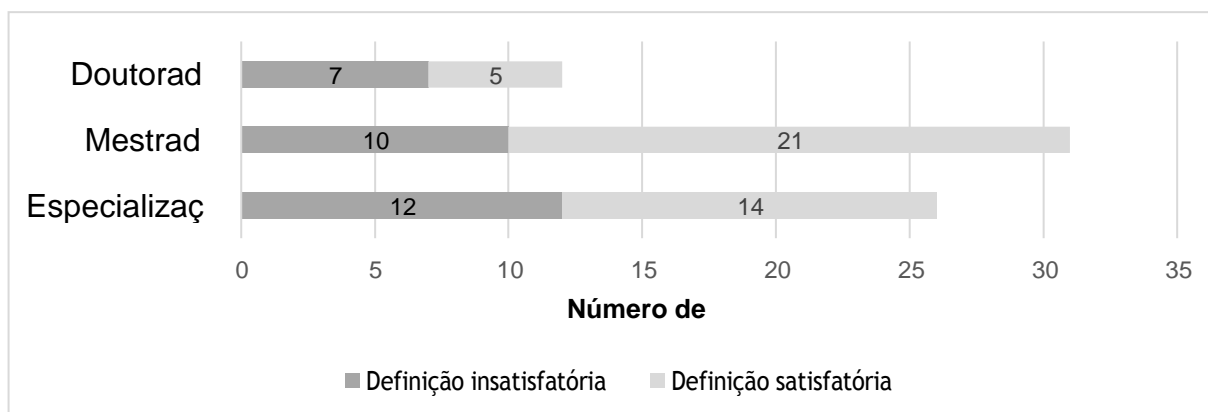
Figura 6 - Relação da definição de Bioinformática com o ano de formação dos respondentes (frequência relativa)



Fonte: A autora, 2019.

A respeito dos respondentes que definiram a Bioinformática insatisfatoriamente (N=31; quadro 2: US2 – US4), observou-se que, entre aqueles que possuem pós-graduação, a maioria está cursando ou finalizou a especialização ou o mestrado. Já, entre os respondentes que definiram a Bioinformática satisfatoriamente (N=39), entre aqueles que possuem pós-graduação formação continuada, a maioria está cursando ou finalizou o mestrado.

Figura 7 - Formação continuada dos respondentes que definiram a Bioinformática satisfatória e insatisfatoriamente



Fonte: A autora, 2019.

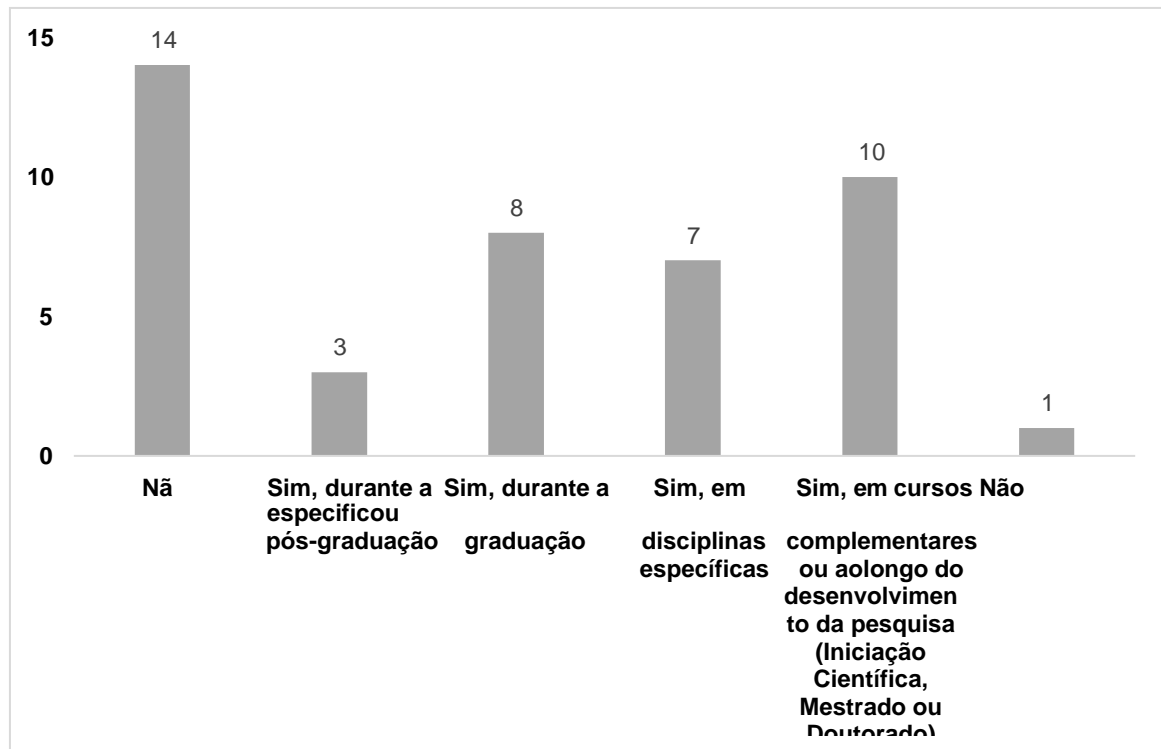
4.5 A Bioinformática na formação dos licenciados e licenciandos

A avaliação da Bioinformática na formação dos respondentes foi realizada a partir das respostas às perguntas nove e dez do questionário (Apêndice B).

Somente os respondentes que classificaram a Bioinformática na US1 (Processamento de informação de sistemas biológicos, com o auxílio da tecnologia) tiveram as respostas das demais perguntas da seção “Compreensão sobre Bioinformática” e “Atualização” analisadas. Esta filtragem foi realizada pois considera-se que aqueles que classificaram a Bioinformática na US2, US3 ou US4 têm suas respostas seguintes enviesadas por um conceito parcialmente correto ou incorreto da Bioinformática, não refletindo adequadamente sobre a potencialidade da ferramenta para o Ensino Básico.

A maioria deles relatou que não teve contato com a Bioinformática durante a sua formação (N=25). Dentre os que tiveram contato (N=14), a maioria indicou que aconteceu durante cursos complementares ou ao longo do desenvolvimento de pesquisa (N=10), seguido por um grupo que teve contato na graduação (N=8), pós-graduação (N=3) e por um grupo que informou o contato em disciplinas específicas como Biologia Molecular e Bioestatística, mas sem especificar o momento de sua formação (N=7) (Figura 8; Quadro 5).

Figura 8 - Contato dos respondentes com a Bioinformática. Os respondentes se dividiram naqueles que não tiveram contato com a Bioinformática; nos que tiveram contato durante a pós-graduação, graduação, em disciplinas específicas e em cursos complementares ou ao longo do desenvolvimento da pesquisa; e nos que não especificaram



Fonte: A autora, 2019.

Quadro 5 - Tematização da pergunta “Em sua formação, você teve algum contato com a Bioinformática? Em caso positivo, faça um breve relato.”

Identificação	Unidade de Significado	Unidade de Contexto	Comentário
US1	Não	R68: Sim, eu tive contato com a Bioinformática em algumas disciplinas da graduação, em diversos contextos. Em "Ecologia: Teoria e Prática", houve aulas e tarefas em que eram fundamentais tanto a elaboração quanto a interpretação de gráficos referentes a relações ecológicas. Também na eletiva "Biologia Molecular e Biodiversidades", certo conhecimento das técnicas de sequenciamento e de código-de-barras de DNA foram fundamentais na identificação molecular de organismos em algumas aulas práticas. Além disso, em estágios que fiz, precisei de ferramentas de informática, como em sequenciamentos, qPCR, quantificação de amostras de DNA.	O respondente afirmou que nunca teve contato com Bioinformática; ou não sabia se teve contato; ou descreveu o contato com uma ferramenta que não é de Bioinformática.
US2	Sim, durante a pós-graduação	R6: Tenho mestrado pelo programa de Biologia Computacional e Sistemas e estou fazendo doutorado no mesmo programa. No meu mestrado trabalhei com análise de transcriptoma e no doutorado farei metagenoma também.	O respondente indica que teve contato com a Bioinformática durante a pós-graduação, seja em uma disciplina ou ao longo do desenvolvimento da pesquisa.
US3	Sim, durante a graduação	R48: Durante o bacharelado na UEZO, cursei uma disciplina de Bioinformática com abordagem teórica e prática	O respondente indica que teve contato com a Bioinformática durante a graduação, em uma disciplina específica.
US4	Sim, em disciplinas específicas	R41: Acredito que tive, mas não sei dizer se era	O respondente indica que teve contato com a

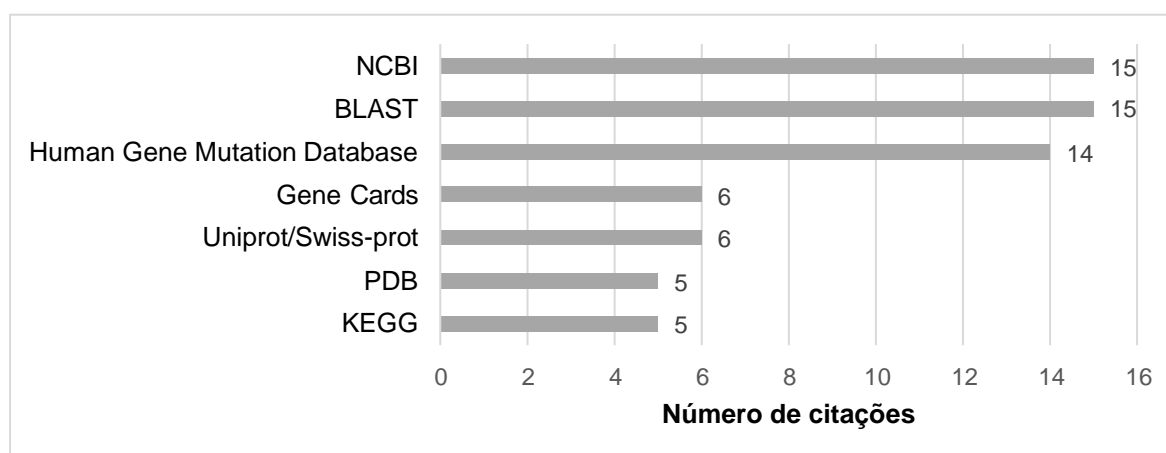
		<p>de Bioinformática. Tive aulas na sala de informática onde usávamos modelos simulando as condições climáticas para estudos de biogeografia. Usávamos base de dados e pacotes de programa como R e outros. Em meu estágio também tive contatos com sites voltados para taxonomia como Algaebase e IPNI.</p>	<p>Bioinformática durante sua formação, seja na graduação ou pós graduação, em uma disciplina específica.</p>
US5	<p>Sim, em cursos complementares ou ao longo do desenvolvimento da pesquisa (Iniciação Científica, Mestrado ou Doutorado)</p>	<p>R33: Sim. Fiz iniciação científica em um laboratório de Genética. Nosso objetivo era identificar os genes existentes no cromossomo Y da espécie <i>Rhodnius prolixus</i> (espécie de barbeiro). Utilizávamos programas específicos para "ler" sequências genômicas, para buscar sequências específicas dentro daquele genoma e também para desenhar primers. Daí mandávamos o desenho do primer que escolhemos para uma empresa, que o fabricava e mandava para nós. Primers são necessários para fazer um experimento chamado PCR (amplificação da cadeia de DNA). Ah, também utilizávamos um banco de dados para comparar a sequência gênica que encontramos com o genoma de outras espécies de seres vivos.</p> <p>No âmbito pedagógico, tive contato com Bioinformática em aulas de física e de ecologia. Na de física, era um aplicativo que nos permitia filmar a trajetória de um objeto e gerar um gráfico. Na de ecologia era um</p>	<p>O respondente indica que teve contato com a Bioinformática no desenvolvimento de sua pesquisa e/ou através de cursos complementares.</p>

		programa que nos permitia fazer previsões de como uma população estará no futuro (em termos de tamanho e qual nicho/hábitat ela estará ocupando).	
US6	Não especificou	R53: Sim!	O respondente não descreveu sua experiência

Fonte: A autora, 2019

Doze respondentes desse grupo afirmaram não conhecer nenhuma ferramenta de Bioinformática. Aqueles que conhecem (N=27) indicam, em maioria: BLAST (N=15), *Human Mutation Database* (N=14) e NCBI (N=15) (Figura 9).

Figura 9 - As sete ferramentas de Bioinformática mais conhecidas pelos respondentes



Fonte: A autora, 2019.

4.6 A bioinformática na Educação Básica

A avaliação da concepção dos respondentes sobre a utilização da Bioinformática no Ensino Básico foi realizada a partir das respostas às questões onze, doze, quinze e dezesseis do questionário (Apêndice B). Somente os respondentes que definiram Bioinformática corretamente foram avaliados (N=39).

Oito participantes deste grupo não souberam identificar a relevância da Bioinformática para o Ensino Básico. Aqueles que souberam, indicam que a relevância está associada à divulgação da área (N=11) e à capacidade deste recurso tornar a abordagem do conteúdo menos abstrata e mais contextualizada (N=21) (Quadro 6).

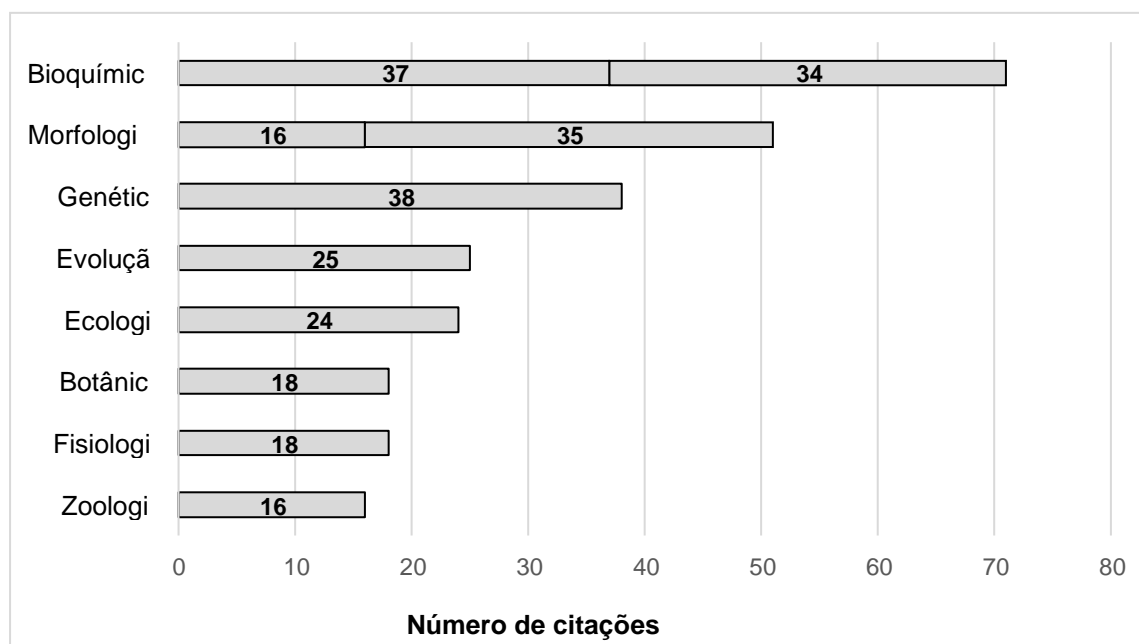
Quadro 6 - Tematização da pergunta “Qual a relevância de se utilizar Bioinformática no Ensino Básico?”

Identificação	Unidade de Significado	Unidade de Contexto	Comentário
US1	Divulgação da área, ampliando o olhar sobre a biologia	R61: Garantir o acesso e visibilidade da área para garantir interesse dos alunos e consequentemente desenvolvimento de novas ferramentas utilizáveis.	O respondente considera a Bioinformática importante para divulgar novas áreas no Ensino Básico.
US2	Tornar o conteúdo menos abstrato e mais contextualizado, através da tecnologia e/ou interdisciplinaridade	R3: Acredito que seja uma forma de atrair o discente, fazer com que ele tenha um interesse maior pelo assunto abordado.	O respondente considera que a Bioinformática diminui o nível de abstração dos conteúdos.
US3	Não soube responder	R7: Embora eu não conheça muito sobre o assunto, imagino que possa ser uma ferramenta interessante.	O respondente não justificou sua resposta.

Fonte: A autora, 2019

Majoritariamente, trinta e dois respondentes indicam que a Bioinformática pode ser utilizada como ferramenta para o ensino de Ciências e Biologia, podendo atuar como recurso didático para o Ensino de Biologia Celular (N=35), Biologia Molecular (N=37), Bioquímica (N=34) e Genética (N=38) no Ensino Básico (Figura 10).

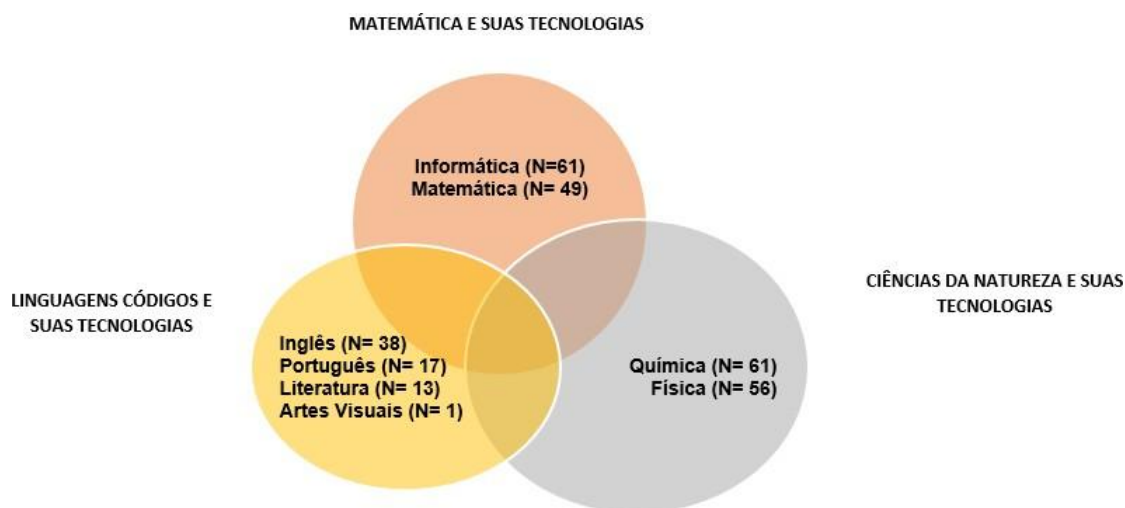
Figura 10 - Conteúdos que poderiam ser ensinados com a Bioinformática, organizados por Área de Conhecimento das Ciências Biológicas (CNPq). As áreas de Bioquímica e Morfologia compreendem, respectivamente, Biologia Molecular (N= 37) e Bioquímica (N=34); e Anatomia (N= 16) e Biologia Celular (N= 35)



Fonte: A autora, 2019.

Ainda, segundo a maioria deste grupo, a Bioinformática no Ensino Básico pode viabilizar a interdisciplinaridade da Biologia com Física (N=33), Informática (N=35), Matemática (N=25) e Química (N=37) (Figura 11). Apesar de sua potencialidade, os respondentes indicam que os maiores desafios para a implementação são a formação de professores deficitária (N=18) e a falta de recursos ou engessamento curricular (N=32) (Quadro 6). Trinta e três respondentes afirmaram que com treinamento adequado, poderiam implementar a Bioinformática na prática docente.

Figura 11 - Disciplinas que permitem interdisciplinaridade com Biologia na Bioinformática, organizadas segundo as áreas de conhecimento da Base Nacional Comum Curricular. Os respondentes acreditam que as seguintes disciplinas permitem interdisciplinaridade com Biologia através da utilização da Bioinformática: Física, Informática, Inglês, Literatura, Matemática, Português, Química, Geografia e Artes Visuais



Fonte: A autora, 2019.

Quadro 7 - Tematização da pergunta “Quais os desafios para a implementação da Bioinformática no Ensino Básico?”

Identificação	Unidade de Significado	Unidade de Contexto	Comentário
US1	Formação dos professores	R19: Principalmente, o domínio das técnicas que são bastante específicas.	O respondente acredita que a formação de professores é deficitária para Bioinformática.
US2	Falta de recursos ou engessamento curricular	R23: Principalmente falta de recursos na rede pública, desinteresse tanto por parte da escola, quando de alguns professores.	O respondente acredita que a escola apresenta um currículo engessado e/ou falta de recursos para a aplicação da Bioinformática em sala de aula
US3	Não soube responder	-	O respondente não soube responder.

Fonte: A autora, 2019

5 DISCUSSÃO

Hogewag (2011) e Hagen (1998) relatam que a Bioinformática iniciou sua difusão entre pesquisadores no final da década de 60, sendo o termo cunhado apenas na década de 70. Segundo esses autores, a Bioinformática é entendida como o uso de ferramentas de computação e informática para a análise de dados biológicos. Atualmente, a Bioinformática pode ser compreendida de acordo com suas vertentes: a genômica, a proteômica e os sistemas biológicos, podendo envolver o uso de bancos de dados *online* (Figura 3) (WEFFER; SHEPPARD, 2008). Neste estudo, nos limitamos a explorar a Bioinformática, enquanto recurso pedagógico, a partir da perspectiva da utilização dos bancos de dados e demais ferramentas online de acesso público.

Sendo assim, a proposta da utilização da Bioinformática enquanto recurso didático no Ensino Básico Regular não inclui, a princípio, o desenvolvimento de habilidades de programação nos alunos, apesar de ser um elemento essencial em pesquisadores bioinformatas e mais acessível para a aplicação no Ensino Médio Técnico. A perspectiva da presente pesquisa se baseia em duas premissas: a Bioinformática em sala de aula (1) democratiza o acesso ao conhecimento desenvolvido por pesquisadores através da utilização de bancos de dados que estão disponíveis em domínio público e (2) possibilita o desenvolvimento de habilidades cognitivas através de buscas em bancos de dados *online* e a diminuição do nível de abstração de alguns conteúdos, como enumerados pelos respondentes, como Biologia Celular, Biologia Molecular, Bioquímica e Genética.

O primeiro relato de uso da Bioinformática enquanto ferramenta de pesquisa no Brasil ocorreu em 1999, através do sequenciamento da bactéria *Xylella fastidiosa*, financiado pelo Projeto Genoma da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e coordenada pelos pesquisadores João Meidanis e João Setúbal (CASTRO, 2009). Esta recente chegada no Brasil pode estar relacionada com dois dados apontados na presente pesquisa: data de publicação do primeiro trabalho que utiliza a Bioinformática enquanto recurso didático e definições de Bioinformática. Interessantemente, a revisão bibliográfica integrativa aponta que a primeira publicação que descreveu o uso da Bioinformática no Ensino Básico foi no ano de 2010 (ROSA; LORETO, 2010), dez anos após a primeira pesquisa no Brasil com a ferramenta. Ainda, os presentes dados indicam que dos 61 respondentes, apenas 39 definiram a Bioinformática de maneira satisfatória e, dentre eles, 14 nunca tiveram contato com esta ferramenta ao longo de sua formação. Aqueles que definiram a Bioinformática de maneira insatisfatória concentram-se no grupo que se formou no período entre 1992 e 2011, que apesar

de ser majoritariamente formado por professores atuantes e que apresentam formação continuada, não conhecem a ferramenta. Este resultado indica que a formação continuada do grupo não ocorreu em área correlata à Bioinformática.

Tendo em vista a recente inserção da Bioinformática no Brasil, tanto na pesquisa quanto a respeito da sua compreensão enquanto recurso metodológico para o Ensino, preocupou-nos retirar da análise aqueles respondentes que não definiram a Bioinformática satisfatoriamente, já que suas concepções acerca do uso da ferramenta no Ensino Básico não estariam de acordo com a proposta da presente pesquisa. Desta maneira, apesar do instrumento de coleta de dados do presente estudo ter alcançado 70 respondentes, somente 39 foram selecionados para a avaliação de suas respostas quanto ao uso da Bioinformática na sala de aula. Além de reduzir o número amostral do estudo, a exclusão de 31 respondentes (44%) aponta para uma explícita defasagem do conhecimento sobre o tema.

Um dos objetivos iniciais da presente pesquisa foi avaliar a experiência dos respondentes em sala de aula, enquanto professores, com a utilização da Bioinformática. Mesmo com a realização de um pré-teste para a validação do questionário, não foi possível analisar as perguntas referentes a esta temática, pois ela apresentou uma falta de clareza que impossibilitou o resultado. Neste contexto, Gil (2008) indica que a aplicação de questionários para a obtenção de dados em pesquisa qualitativa apresenta algumas limitações, como impedir “o auxílio ao informante quando este não entende corretamente as instruções ou perguntas”. Neste sentido, propõe-se que o método de instrumento de coleta de dados seja otimizado através da aplicação de questionários presenciais, apesar do mesmo limitar o número de respondentes.

Mesmo frente às limitações encontradas, foi possível utilizar os dados obtidos para compreender as principais ideias de um grupo de licenciados e licenciandos de Ciências Biológicas, acerca da utilização da Bioinformática na Educação Básica. Apesar de ser uma área recente na pesquisa acadêmica, a Bioinformática apresenta papel relevante para otimizar a conexão entre as diferentes áreas das Ciências de maneira a influenciar no avanço do conhecimento acerca de sistemas biológicos. Por sua vez, a nova e avançada compreensão acerca da vida é capaz de transformar a sociedade e a educação, justificando a relevância de aproximar essa área da sala de aula. Contudo, os dados obtidos indicam que as maiores limitações citadas pelos professores para a implementação da Bioinformática no Ensino Básico é a formação docente deficitária, a falta de recursos na instituição e o engessamento curricular.

Ao correlacionar a definição de Bioinformática com o ano de formação dos respondentes, observou-se uma tendência: quanto maior o tempo de formação, mais insatisfatória é a sua definição de Bioinformática. Ainda, a maioria dos respondentes que definiram a Bioinformática insatisfatoriamente não estão lecionando e apresentam formação continuada, principalmente com especialização em andamento e mestrado concluído. Este resultado sugere que a formação continuada dos professores não oportunizou acesso à Bioinformática, seja por não ser em uma área correlata a sua formação ou por ter sido realizada em período no qual esta ferramenta não estava difundida entre os pesquisadores.

Experiências positivas com o uso da Bioinformática como recurso didático no Ensino Médio relatam a necessidade de treinamento de professores (MARQUES et al., 2014; MACHLUF; YARDEN, 2013). O desenvolvimento do projeto “Bioinformática na Escola”, em Portugal, iniciou-se em 2007 e originou uma plataforma online com diversos projetos a serem realizados pelos alunos (MARQUES et al., 2014). Para o seu desenvolvimento, Marques e colaboradores (2014) descrevem a necessidade de um treinamento de professores, já que a maioria deles não apresentava conhecimento sobre Bioinformática. Neste treinamento, que tem carga horária de 25 horas, os professores tinham o auxílio de bioinformatas para realizar as mesmas atividades que seus alunos fariam e para entender conceitos básicos de Bioinformática e o que estava por trás de cada atividade do programa. Ainda, o desenvolvimento de projeto similar em Israel (MACHLUF; YARDEN, 2013) investe na atualização de professores do Ensino Básico com cursos de treinamento em Bioinformática com carga horária de 56 horas e *workshops* para aprendizagem e desenvolvimento de materiais com carga horária de 28 horas.

Esta defasagem no ensino de Bioinformática dos licenciados e licenciandos em Ciências Biológicas alcançados pelo presente estudo também reflete os resultados obtidos pela revisão bibliográfica integrativa realizada. Os resultados indicaram a presença de somente onze trabalhos que abordaram o tema “Bioinformática e Ensino”, sendo somente dois artigos tendo como público-alvo alunos do Ensino Básico (ROSA; LORETO, 2010; ROSA; LORETO, 2013), que foram publicados pelos mesmos autores, demonstrando um nicho vago de estudos para a área.

Mesmo com formação e treinamento adequados, os professores enfrentariam uma outra dificuldade para a implantação da Bioinformática enquanto recurso didático no Ensino Básico: o engessamento curricular e a falta de infraestrutura, que foi o fator limitante mais citado pelos respondentes para a Bioinformática no Ensino de Biologia (Quadro 6). Para uma atividade de sucesso, é necessário que a instituição tenha acesso a computadores, internet e, dependendo do

nível da abordagem, diferentes linguagens de programação (MACHLUF; YARDEN, 2013). Esta falta de infraestrutura é uma realidade brasileira e um importante limitante para a aproximação com os alunos “nativos digitais”, que nasceram e cresceram com computadores e internet e tem demonstrado interesse pelo acesso à jogos *online* e programação.

Quanto à sua relevância, os respondentes indicaram que a Bioinformática enquanto recurso didático no Ensino Básico associa-se à divulgação da área, à contextualização de conteúdos abstratos e à aproximação dos alunos nativos-digitais, através do uso do computador e interdisciplinaridade.

A correlação da ferramenta com a divulgação desta área corrobora achados de Kovarik e colaboradores (2013). Para avaliar a influência da utilização da Bioinformática como recurso didático na divulgação de áreas STEM, Kovarik e colaboradores (2013) realizaram um curso com professores do Ensino Médio e alunos interessados no desenvolvimento da ciência. O curso, denominado Bio-ITEST, foi dividido em duas unidades: “*Using Bioinformatics: Genetic Testing*”, que utiliza a Bioinformática para ensinar conceitos básicos de Genética e Biologia Molecular e, “*Using Bioinformatics: Genetic Research*”, que utiliza a Bioinformática para o ensino de Evolução. Na atividade, além de serem utilizados os bancos de dados NCBI, BLAST, Cn3D, BOLD e ORF *Finder*, foram discutidas as implicações tecnológicas e sociais da Bioinformática. Ao final da atividade, os autores concluíram que os alunos do Ensino Médio passaram a conhecer mais carreiras que envolvem Ciência, Matemática, Tecnologia e Engenharia e, os professores do Ensino Médio sentiram-se mais capacitados em trazer o mesmo tipo de abordagem para a sala de aula.

A diminuição da abstração de conceitos que envolvem a Biologia Molecular através da Bioinformática é descrita por Rosa (2011), que realizou uma atividade com alunos do 2º ano do Ensino Médio em que utilizou o acesso ao *GenBank* como recurso didático para o ensino de Biologia Molecular. Na atividade, os alunos seguiram um roteiro para acesso a bancos de dados como o OMIM, NCBI Gene, Gene Info, NCBI Ref Seq e Uniprot. Os seus resultados indicaram que os alunos melhoraram a compreensão sobre síntese de proteínas, além de os mesmos perceberem que a atividade contextualizou o conteúdo com uma ferramenta frequentemente utilizada por pesquisadores.

Refletindo sobre as dificuldades dos professores em implementar atividades com Bioinformática em sala de aula, Form e Lewitter (2011) sugeriram dez regras para a elaboração de uma atividade eficaz no desenvolvimento de habilidades cognitivas do público-alvo:

- I. Simplicidade: definir dois ou três objetivos claros para a atividade;
- II. Familiaridade: utilizar conceitos que já são conhecidos pelos alunos;
- III. Ligação com atividades comuns ao currículo de Biologia: ilustrar conteúdos que já foram abordados;
- IV. Desenvolvimento de uma sequência didática: cada conteúdo aprendido é utilizado para a compreensão de outro conteúdo.
- V. Utilização de atividades que constroem habilidades e fornecem informações através da pesquisa: elaborar atividades que estimulem a curiosidade do aluno, para além do objetivo proposto.
- VI. Providenciar oportunidades para a individualidade: mesmo em trabalhos em grupos, propor diferentes pesquisas para cada grupo, valorizando sua individualidade, mas sempre adequando o nível de dificuldade da atividade.
- VII. Incentivar múltiplas formas de aprendizagem: utilizar as diferentes formas de aquisição de uma informação, através dos bancos de dados.
- VIII. Empoderamento dos estudantes: valorizar o papel ativo do estudante na produção do conhecimento.
- IX. Antes de utilizar o computador, utilizar papel e caneta: com o papel e a caneta, a complexidade da atividade no computador tende a diminuir.
- X. Produzir: ao final da atividade, sugerir que os alunos elaborem uma apresentação com os resultados obtidos.

A reflexão sobre essas regras em conjunto com a identificação do público-alvo, da infraestrutura de acesso e da formação dos professores possibilita a construção de atividades adequadas para que os estudantes tenham acesso a bancos de dados *online* para o desenvolvimento de suas habilidades. Dentre os bancos de dados mais conhecidos pelos respondentes do presente estudo, encontra-se:

- I. BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*): encontra regiões de similaridade entre sequências biológicas (nucleotídicas ou de proteínas).
- II. HGMD (*Human Gene Mutation Database*): apresenta genes humanos associados a doenças humanas.

III. NCBI (*National Center for Biotechnology Information*): consórcio que engloba bases de dados com informações à nível molecular de diversos organismos.

O uso destes bancos de dados para o ensino de conteúdos com alto nível de abstração para os alunos pode ser uma potencial ferramenta para a contextualização dos mesmos, possibilitando a valorização da “pedagogia da interação”, em que o aluno tem papel ativo na construção do conhecimento (GEMIGNANI, 2012). Nesta perspectiva, são oferecidas condições para o aluno “aprender fazendo” e, nela, a Bioinformática é capaz de promover a possibilidade de ideias, conceitos e competências integradas estarem sendo utilizadas para a resolução de um problema científico relevante (MACHLUF; YARDEN, 2013).

Nesse contexto, a maioria dos respondentes da presente pesquisa enumeraram que a Bioinformática possibilita a interdisciplinaridade da Biologia com a Física, a Informática, a Matemática e a Química, demonstrando potenciais candidatos para projetos interdisciplinares. Contudo, esta possibilidade interdisciplinar do uso da Bioinformática enfrenta algumas dificuldades, como: carga de trabalho excessiva, remuneração baixa, número elevado de alunos em sala de aula, falta de infraestrutura, engessamento do currículo escolar e dificuldade em trabalhar em grupo (AUGUSTO; CALDEIRA, 2007)

Verifica-se que a mudança que se discute como necessária nas metodologias educacionais, com a valorização da interdisciplinaridade e contextualização através de uma perspectiva de CTS ou STEM requer a formação continuada do docente. O mesmo é válido para a utilização da Bioinformática enquanto recurso didático no Ensino de Biologia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados permitiram a inferência de vantagens e limitações quanto ao uso da Bioinformática enquanto recurso didático no Ensino Básico. Dentre as vantagens, foram encontradas a possibilidade de contextualização de temas abstratos, como Genética e Biologia Molecular, divulgação da área de pesquisa, aproximação do ensino aos nativos digitais e uso da interdisciplinaridade. Já, quanto às limitações, reitera-se à falta de conhecimento dos docentes na área - que esteve representado nas definições não satisfatórias de Bioinformática dos respondentes-, ao engessamento curricular e à falta de infraestrutura. Os resultados indicam que, apesar de reconhecerem as potencialidades da Bioinformática enquanto recurso didático, os professores não apresentam a formação adequada e segurança para a sua utilização, sendo necessário um treinamento para este tipo de ferramenta.

Neste contexto, as perspectivas da pesquisa incluem: (1) elaboração, aplicação e avaliação de treinamento para professores da Educação Básica para a utilização da Bioinformática enquanto recurso didático; (2) elaboração, aplicação e avaliação de atividades para estudantes do Ensino Médio com a Bioinformática como recurso didático; (3) rastreamento de disciplinas associadas à Bioinformática nos currículos das Licenciaturas em Ciências Biológicas das universidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

Em todos os artigos de revista científica deve-se colocar o local de publicação após o título Da revista

ALTSCHUL, S.F.; GISH, W.; MILLER, W.; MYERS, E.W.; LIPMAN, D.J. Basic local alignment search tool. **Journal of Molecular Biology**, n. 215, p. 403-410, 1990.

AMENKHIENAN, Ehicoya; SMITH, Edward. A web-based genetic polymorphism learning approach for high school students and science teachers. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 34, p. 30-33, 2006.

ANTUNES, Adriana Maria; CRUZ, Lays Karolina Soares da Cruz; TELLES, Mariana Pires de Campos. Como desvendar enigmas genéticos a partir da comparação de sequências. **Genética na Escola**, v. 9, n. 2, p. 136-145, 2014.

ANTUNES, Adriana Maria; CRUZ, Lays Karolina Soares; TELLES, Mariana Pires de Campos Telles. Ser ou não ser, eis a questão: predizendo a função de sequências de DNA usando o Blast2GO. **Genética na Escola**, v. 11, n. 2, p. 128-137, 2016.

ARAÚJO, Rozângela Maria; SILVA, Maria Lindalva Alves; ARAÚJO, Maria de Fátima Veras; CONCEIÇÃO, Gonçalo Mendes. Utilização dos recursos midiáticos, no ensino de biologia em uma escola pública, no município de Nossa Senhora dos Remédios, Piauí, Brasil. **Revista Arquivos Científicos**, v. 1, n. 2, p. 51-62, 2018.

AUGUSTO, Thaís Gimenez da Silva; CALDEIRA, Ana Maria Andrade. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p.139-154, 2007.

AYUSO, G. E.; HERNÁNDEZ, Enrique Banet. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

BELMIRO, Michel Stórquio; BARROS, Marcelo Diniz Monteiro. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Práxis**, v. 9, n. 17, p. 95-98, 2017.

BISSOLI, A. C. F.; SANTOS, G. A.; CONDE, S. J. Produção de materiais didáticos para o ensino de Genética na implementação da sala de aula invertida. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 13, n. esp1, p. 474-484, 2018.

BORGES, Regina Maria Rebello; LIMA, Valderez Marina do Rosário. Tendências contemporâneas do ensino de biologia no Brasil. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

BOTELHO, Louise Lira Rodel; CUNHA, Cristiano Castro de Almeida; MACEDO, Marcelo. O método de revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Bases Legais**. Brasília, MEC/Semtec, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

CASTRO, Fábio. Uma década de bioinformática. **Agência FAPESP**, São Paulo, 9 abr. de 2009. Disponível em: ><http://agencia.fapesp.br/uma-decada-de-bioinformatica/10344/><. Acesso em: 2 dez. de 2019.

CEZAR-DE-MELLO, Paula Fernandes Tavares. O uso da Bioinformática como metodologia ativa no Ensino de Genética Molecular. In: JORNADA PEDAGÓGICA DE ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA DO COLÉGIO PEDRO II, 4, 2017, Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**-Rio de Janeiro: Colégio Pedro II, 2017. p. 36-37.

CONCEIÇÃO, Francisca Patrícia; PERON, Ana Paula. Engenharia genética: um olhar dos professores de Biologia de instituições públicas e privadas do ensino médio. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, n. 3, p. 281, 2012.

CRUZ, Lays Karolina Soares; ANTUNES, Adriana Maria Antunes; TELLES, Mariana Pires de Campos. Procurando agulha no palheiro: predição de genes a partir de sequências genômicas. **Genética na Escola**, v. 11, n. 1, p. 36-45, 2016.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. Os princípios da metodologia ativa: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

DURBANO, J. P. M.; PADILHA, I. Q. M.; RÊGO, T. G.; RODRIGUES, P. A. L.; ARAÚJO, D. A. M. Percepção do conhecimento dos alunos de ensino médio do município de João Pessoa sobre temas emergentes em biotecnologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 2008, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: SBG, 2008. v. 54. p. 288-305.

DURÉ, Ravi Cajú; ANDRADE, Maria José Dias; ABILIO, Francisco José Pegado. Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano?. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.13, n.1, p. 259-272, 2018.

ERCOLE, Flávia Falci; MELO, Laís Samara de; ALCOFORADO, Carla Lúcia Goulart Constant. Revisão integrativa versus revisão sistemática. **Revista Mineira de Enfermagem**, v. 18, n. 1, p. 9-12, 2014.

FABRÍCIO, Maria de Fátima Lima; JOFÓLI, Zélia Maria Soares; SEMEN, Luiza Suely Martins; LEÃO, Ana Maria dos Anjos Carneiro. A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 1, p. 12-25, 2006.

FARIAS, Juliana Mayra Nunes; AIRES, Rafaela Magalhães; ARÊDES, Gina Carla; FREIRE, Alexandre Sá; VALLIM, Magui Aparecida; GÓES, Andréa Carla de Souza. Linhagem mitocondrial e os personagens do romance O tempo e o vento: a interdisciplinaridade representada em material didático. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 24-37, 2017.

FÁVARO, Regiane Degan; DINIZ, Renato Eugênio da Silva; mais, Ivan Godoy; DOMINGUES, Douglas Silva. Engenharia genética e biologia molecular: possibilidades e limites do trabalho do professor de biologia no ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003. p. 1-11.

FERREIRA, J. C. D. Relações entre o discurso científico e o discurso ficcional no ensino de ciências. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013. p. 1-8.

FONTOURA, H. A. **Tematização como proposta de análise de dados na pesquisa qualitativa**. Niterói: Intertexto, 2011. p. 61-82

FORM, David; LEWITTER, Fran. Ten simple rules for teaching bioinformatics at the high school level. **Plos Computational Biology**, v. 7, n. 10, p 1-2, 2011.

FOUREZ, G. **Apprivoiser l'épistémologie**. França: De Boeck, 2003.

FRANZOLIN, Fernanda. Conteúdos básicos de genética para o ensino médio: comparando as opiniões dos professores da educação básica, dos docentes do ensino superior e dos documentos curriculares estaduais. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. extra, p. 1373-1377, 2013.

FREIRE, Cindy Magda Araújo dos Santos; MEDEIROS, Suelen Carneiro; CARNEIRO, José Gerardo; MONTEIRO, José Edvar; FREIRE, José Ednézio da Cruz. Proposta pedagógica em prática no ensino de Bioquímica na modalidade a distância: aproveitamento de softwares livres como facilitador do processo de ensino e de aprendizagem. **Revista Thema**, v. 15, n. 4, p. 1442-1455, 2018.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2005.

FREITAS, Henrique; OLIVEIRA, Mírian; SACCOL, Amarolinda Zanela; MOSCAROLA, Jean. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração**, v. 35, n. 3, p. 105-112, 1999.

FRISON, Marli Dallagnol; VIANNA Jaqueline; RIBAS, Fabiele Korte. Ensino de ciências e aprendizagem escolar: manifestações sobre fatores que interferem no desempenho escolar de estudantes da educação básica. In: IX ANPED SUL – Seminário de Pesquisa em Educação da Região sul 09, 2012. Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul, 2012. p. 1-10.

GEMIGNANI, Elizabeth Yu Me. Formação de professores e metodologias ativas de ensino-aprendizagem: ensinar para a compreensão. **Revista Fronteira das Educação**, v. 1, n. 2, p. 1-27, 2012.

GIACÓIA, Luciano Rogério Destro. **Conhecimento básico de genética: concluintes do ensino médio e graduandos de ciências biológicas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GÓES, Andréa Carla de Souza; BORIM, Danielle Cristina Duque Estrada; KAUFMAN, Daniel; SANTOS, Ana Carolina Clemente; SIQUEIRA, Andréa Espinola; VALLIM, Magui Aparecida. A obra Admirável mundo novo no ensino interdisciplinar: fonte de reflexões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade. **Ciência & Educação**, v. 24, n. 3, p. 563-580, 2018.

GÓES, Andréa; AIRES, Rafaela. **Genética das ervilhas ao genoma humano: contribuições para uma revisão histórica e abordagens pedagógicas**. 1 ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2018.

GUEDES, Karen Christina da Silva; MOREIRA, Sara Tatiana. Genetikando: usando seriados de TV e simulações de laboratório para ensinar Genética. **Genética na Escola**, v. 11, n. 1, p. 20-27, 2016.

GUIMARÃES, Beatriz Ribeiro; REZENDE, Luiz Augusto Coimbra. Ensinando Genética com o filme X-Men Primeira Classe: reendereçamentos em uma proposta didática para o professor

- de Biologia. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIAS. 2011. Natal. **Anais...** Natal, 2011. v. 1. p. 1-11.
- HACISALIHOGU, Gokhan; HILGERT, Uwe; NASH, Bruce; MICKLOS, David. An Innovative Plant Genomics and Gene Annotation Program for High School, Community College, and University Faculty. **CBE Life Sci Educ**, v. 7, p. 310–316, 2008.
- HAGEN, Joel. The origins of bioinformatics. **Nature Reviews Genetics**, v. 1, p. 231–236, 2000.
- HALL, T.A. BioEdit: A User-Friendly Biological Sequence Alignment Editor and Analysis Program for Windows 95/98/NT. **Nucleic Acids Symposium Series**, n. 41, p. 95-98, 1999.
- HAMOSH, A.; SCOTT, A. F.; AMBERGER, J. S.; BOCCHINI, C. A.; MCKUSICK, V. A. Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM), a knowledgebase of human genes and genetic disorders. **Nucleic acids research**, v. 33, p. 514–517, 2005.
- HOGEWEG, Paulien. The roots of bioinformatics in theoretical biology. **PLoS computational biology**, v. 7, n. 3, p. 1-5, 2011.
- JESUS, A. S.; SOUTO, D. P. L. Tendências de uso das tecnologias digitais no ensino de ciências. **Educação & Tecnologia**, v. 21, n. 1, p. 43-55, 2016.
- JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; FERLA, Márcio Ricardo. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arq Mudi**, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.
- JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; FERRARI, N.; ROSA, V. Genética no ensino médio: temáticas que apresentam maior grau de dificuldade na atividade pedagógica. **Perspectivas no ensino de biologia**, v. 7, p. 794-795, 2000.
- KOVARIK, Dina; PATTERSON, Davis; COHEN, Carolyn; SANDERS, Elizabeth; PETERSON, Karen; PORTER, Sandra; CHOWNING, Jeanne Ting. Bioinformatics Education in High School: Implications for Promoting Science, Technology, Engineering, and Mathematics Careers. **CBE Life Sciences Education**, v.12, p. 441–459, 2013.
- KRASICHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- LEAL, Cristianni Antunes; RÔÇAS, Giselli; BARBOSA, Júlio Vianna. A genética na educação básica. In: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 2015. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2015. p. 1-8.
- MACHLUF, Yossy; YARDEN, Anat. Integrating bioinformatics into senior high school: design principles and implications. **Briefings in Bioinformatics**, v. 14, n. 5, p. 648-660, 2013.
- MAESTRELLI, Sylvia Regina Pedrosa; FERRARI, Nadir. O óleo de Lorenzo: o uso do cinema para contextualizar o ensino de genética e discutir a construção do conhecimento científico. **Genética na Escola**, v. 1, n. 2, p. 35-39, 2006.
- MAIA, Rafael Trindade. Bioedit: um software para alinhamento de genes e construção de árvores evolutivas. **Genética na Escola**, v. 13, n. 1, p. 82-83, 2018.

MAROTTI, Juliana; GALHARDO, Alessandra Pucci Mantelli; FURUYAMA, Ricardo Jun; PIGOZZO, Mônica Nogueira; CAMPOS, Tomie Nakakuki; LAGANÁ, Dalva Cruz. Amostragem em pesquisa clínica: tamanho da amostra. **Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo**, v. 20, n. 2, p. 186-194, 2008.

MARQUES, Isabel; ALMEIDA, Paulo; ALVES, Renato; DIAS, Maria João; GODINHO, Ana; PEREIRA-LEAL, José. Bioinformatics Projects Supporting Life-Sciences Learning in High Schools. **Plos Computational Biology**, v. 10, n. 1, p. 2-6, 2014.

MARTINS, Isabel; NASCIMENTO, Tatiana Galieta; ABREU, Teo Bueno. Clonagem na sala de aula: um exemplo de uso de didática de um texto de divulgada científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 1, p. 95-111, 2004.

MASCARENHAS, Márcia de Jesus Oliveira; SILVA, Vanessa Campos; MARTINS, Paula Regina Pereira; FRAGA, Elnary da Costa; BARROS, Maria Claudena. Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. **Pesquisa em Foco**, v. 21, n. 2, p. 5-24, 2016.

MEGID-NETO, Jorge. O que sabemos sobre a pesquisa em Educação em Ciências no Brasil (1972-2004). In: ENCONTRO NACIONAL DE INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS. 2005. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005. p. 1-13.

MELO, José Romário; CARMO, Edinaldo Medeiros. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 593-611, 2009.

MOURA, Joseane; DEUS, Maria do Socorro Meireles; GONÇALVES, Nilda Masciel Neiva; PERON, Ana. Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, n. 2, p. 167-174, 2013.

MUKHERJEE, Siddhartha. **O Gene: uma história íntima**. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

NASCIMENTO, Juliana Macedo Lacerda; MEIRELLES, Rosane Moreira da Silva; MELLO-SILVA, Madalena; NASCIMENTO, Rhonnyfer Lacerda; BARROS, Marcelo Diniz Monteiro. Guia do educador para o filme X-Men primeira classe. **Genética na Escola**, v. 11, n. 1, p. 28-35, 2016.

PACHECO, Christina; VEIRA, Lucas Lima; ALVES, Juliana Osório; SOARES, Paula Matias; CECCATTO, Vânia Marilande. Bancos de dados biológicos: uma investigação médica para familiarizar-se com a bioinformática. **Genética na Escola**, v. 10, n. 2, p. 162-169, 2015.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana; CORAZZA-NUNES, Maria Júlia; GALLUCH, Maria Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lucia Olivo Rosas; RIBEIRO, Alessandra Cláudia. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PEREIRA, Carlos Alberto Sanchez; PEREIRA, Ana Paula Cunha; ALBUQUERQUE, Gabriela Girão; VIERIA, Valéria. “Jogo da Tradução”: uma ferramenta pedagógica no ensino de genética. **Revista Práxis**, v. 10, n. 20, dez., 2018

PIASSI, L. P. A ficção científica e o estranhamento cognitivo no ensino de ciências: estudos críticos e propostas de sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 151-168, 2013.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 49, n. 1, p. 1-14, 2009.

PINSONNEAULT, Alain; KRAEMER, Kenneth. Survey research in management information systems: an assessment. **Journal of Magement Information System**, v. 10, p. 75-106, 1993.

RATNASINGHAM, S.; HEBERT, P. D. bold: The Barcode of Life Data System. **Molecular ecology notes**, v. 7, n. 3, p. 355–364, 2007.

REIS, Pedro. A discussão de assuntos controversos no ensino das ciências. **Inovação**, v. 12, p. 107-112, 1999.

REIS, Tainá Azevedo; ROCHA, Luelma Savana Soares; OLIVEIRA, Lauana Pereira; LIMA, Michelle Mara Oliveira. O ensino de Genética e a atuação da mídia. In: V CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICO. 2010. Alagoas. **Anais...** Alagoas, 2010. p. 1-8.

RIBEIRO, Howard Lopes Junior; OLIVEIRA, Roberta Taiane Germano; CECCATTO, Vânia Marilande. Bioinformática como recurso pedagógico para o curso de ciências biológicas na Universidade Estadual do Ceará – UECE – Fortaleza, Estado do Ceará. **Acta Scientiarum. Education**, v. 34, n. 1, p. 129-140, 2012.

RIBEIRO, Howard Lopes Junior; OLIVEIRA, Roberta Taiane Germano; FERRAZ, Alex Soares Marreiros; SANTOS, Francisco Fleury Uchoa Júnior, CARLOS, Patrick Simão; MACHADO, André Accioly Nogueira; MONTEIRO, Igor Cabral Coutinho do Rêgo; CECCATTO, Vânia Marilande. Abordagem Prática de Bioinformática em Evento Acadêmico-Científico na Cidade de Fortaleza-Ce. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 79-91, 2011.

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados. Teoria da evolução em friends: discutindo filosofia da ciência a partir de uma referência pop. **Genética na Escola**, v. 12, n. 2, p.132-141, 2017.

RINO, M. V.; FAKHOURY, R. S.; MIRA, J. E. Educação e jogos digitais: o uso de Pokemon Go para o ensino de biologia. **Revista de Humanidades, Tecnologia e Cultura**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018.

ROSA, Rosane Teresinha Nascimento. **Do gene à proteína: explorando o GenBank com alunos do Ensino Médio**. 2011. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, 2011.

ROSA, Rosane Teresinha Nascimento; LORETO, Élgion Lúcio da Silva. Utilizando o genbank como integrador de conceitos de biologia molecular. **Genética na Escola**, v. 5, n. 2, p. 17-19, 2010.

ROSA, Rosana Teresinha Nascimento; LORETO, Élgion Lucio. Análise, através de mapas conceituais, da compreensão de alunos do ensino médio sobre a relação DNA-RNA-proteínas após o acesso ao GenBank. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 385-405, 2013.

RUI, Helania Mara Grippa; LEONOR, Patricia Bastos; LEITE, Sidney Quezada Meireles; AMADO, Manuella Villarl. Uma prova de amor: o uso do cinema como proposta pedagógica para contextualizar o ensino de genética no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 2, 2013.

SALES, Adeline Brito; OLIVEIRA, Mariana Resende.; LANDIM, Myrna Friedrichs. Tendências atuais da pesquisa no ensino de biologia: uma análise preliminar de periódicos nacionais. In: **V COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE**. 2011. Sergipe. **Anais...** Sergipe, 2011. p. 1-15.

SAMPIERI, Roberto Hernández. **Metodología de la investigación**. 6. ed. Mexico: McGraw-Hill, 1991.

SILVEIRA, Rodrigo Venturoso Mendes. Breve história de um homem, do ensino e da genética no Brasil: Oswaldo Frota-Pessoa. **Genética na Escola**, v. 1, n. 2, p. 31-33, 2006

SIQUEIRA, Alexandra Bujokas. Materiais didáticos de mídia-educação. **Educação & Sociedade**, v. 38, n.138, p.209-227, 2017.

SOUZA, Camila Penha Abreu; AMORIM, Ana Paula Sampaio; ALVES, Joana de Jesus; TCHAICKA. Código de Barras de DNA: uma atividade para entender a identificação de espécies. **Genética na Escola**, v. 10, n. 1, p. 21-27, 2015.

TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini; MEGID-NETO, Jorge. Investigando a pesquisa educacional: um estudo enfocando dissertações e teses sobre o ensino de biologia no Brasil. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 261-282, 2006.

TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini; MEGID-NETO, Jorge. O estado da arte da pesquisa em ensino de Biologia no Brasil: um panorama baseado na análise de dissertações e teses. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 273-297, 2012.

TENÓRIO, German. Using biological databases to teach evolution and biochemistry. **Science in school**, v. 2, n. 29, p. 30-34, 2014.

WATSON, Andrew; WATSON, Gregory. Transitioning STEM to STEAM: reformation of engineering education. **The Journal for quality and participation**, online, v. 36, n. 3, p. 1-4, 2013.

WEFFER, Stephen; SHEPPARD, Keith. Bioinformatics in high school biology curricula: a study of state science standards. **CBE Life Science Education**, v. 7, p. 155–162, 2008.

WOOD, Louisa; GEBHARDT, Philipp. Bioinformatics goes to school: new avenues for teaching contemporary biology. **Plos Computational Biology**, v. 9, n. 6, p. 1-6, 2013.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

Mensagem inicial

Olá! Sou estudante da Especialização em Ensino de Ciências e Biologia (EECB) do Colégio Pedro II e professora de Biologia. Para o Trabalho de Conclusão de Curso, me propus a analisar a potencialidade da Bioinformática no Ensino Básico brasileiro e a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Colégio Pedro II (Parecer: 3.363.788). Nessa pesquisa, enviarei um questionário para professores formados e em formação de Biologia, mas preciso da sua colaboração! Ela consistirá em você avaliar este questionário que está dividido em três etapas: Perfil do Entrevistado, Compreensão sobre Bioinformática e Atualização. Ao final de cada etapa, você deverá responder a quatro perguntas, a fim de avaliar a clareza e precisão de termos, forma e ordem das questões. Para a validação da sua participação, é necessário que você leia atentamente o "Termo de Consentimento Livre Esclarecido" (TCLE), indique seu e-mail e concorde em participar da pesquisa, clicando em "sim" na pergunta a seguir. Muito obrigada!

1ª Etapa - Perfil do entrevistado

1. Data de nascimento

2. Universidade onde concluiu ou concluirá a licenciatura

3. Ano de conclusão ou previsão de conclusão

4. Você possui Pós-Graduação?

() Mestrado. Ano: _____ Instituição: _____ Área: _____

() Doutorado. Ano: _____ Instituição: _____ Área: _____

() Especialização. Ano: _____ Instituição: _____ Área: _____

() Não possuo, sou licenciando

() Não possuo, sou licenciado

5. Onde leciona?

() Rede privada

() Rede pública estadual

() Rede pública municipal

() Rede pública federal

() Sou formado(a), mas ainda não leciono

- Sou estudante de licenciatura
- Outro: _____

6. Há quanto tempo leciona?

- Até 5 anos
- Entre 5 e 10 anos
- Entre 10 e 15 anos
- Mais de 15 anos

2ª Etapa – Compreensão sobre a Bioinformática

7. Qual/quais tecnologias você utiliza em sala de aula?

- Aplicativos que facilitem o aprendizado
- Datashow
- Redes Sociais
- E-mail
- Bancos de dados
- Outros _____
- Não utilizo nenhuma tecnologia.

8. O que você entende por Bioinformática e quais suas aplicações?

9. Em sua formação, você teve algum contato com a Bioinformática?

- Sim. Breve relato: _____
- Não.

10. Quais dessas ferramentas de Bioinformática você conhece ou já ouviu falar?

- Uniprot/Swiss-Prot
- PubMed
- OMIM
- Human Gene Mutation Database

- NCBI
- BLAST
- Esembl
- KEGG
- PDB
- GeneCards
- Outros. Qual/quais? _____

11. A Bioinformática pode ser usada como uma ferramenta no Ensino de Ciências e Biologia?

- Sim
- Não
- Não tenho certeza
- Outros _____

13. Considerando as áreas abaixo, quais poderiam ser ensinadas tendo a Bioinformática como ferramenta?

- Biologia celular
- Genética
- Biologia Molecular
- Evolução
- Outros. _____

14. Você já utilizou alguma ferramenta de Bioinformática em sala de aula? Em caso negativo, justifique. Em caso positivo, descreva sua experiência.

15. Qual a relevância de se utilizar ferramentas de Bioinformática no Ensino Básico?

16. Quais os desafios para a implementação da bioinformática no Ensino Básico?

3ª etapa - Atualização

17. Você acredita que, com o treinamento adequado, poderia implementar a Bioinformática na sua prática docente?

- Sim
- Não
- Não tenho certeza
- Outros _____

18. A Bioinformática pode viabilizar a interdisciplinaridade com as disciplinas:

- Matemática
- Informática
- Química
- Física
- Português
- Inglês
- Literatura
- Outros _____
- Não vejo essa possibilidade

19. Se achar adequado, faça considerações sobre o tema que, no seu ponto de vista, não foram abordadas neste questionário.

20. Você teria interesse em obter formação complementar sobre a Bioinformática como ferramenta de ensino de ciências e biologia?

- Sim
- Não
- Não tenho certeza
- Outros _____

Perguntas disponibilizadas somente para o Pré-Teste

Quanto à clareza e precisão de termos, a primeira etapa do questionário está:

- Satisfatória
- Pouco satisfatória

Pouco insatisfatória

Insatisfatória

Sugestões:

Quanto à forma das questões, a primeira etapa do questionário está:

Satisfatória

Pouco satisfatória

Pouco insatisfatória

Insatisfatória

Sugestões:

Quanto à ordem das questões, a primeira etapa do questionário está:

Satisfatória

Pouco satisfatória

Pouco insatisfatória

Insatisfatória

Sugestões:

Quanto à clareza e precisão de termos, a segunda etapa do questionário está:

Satisfatória

Pouco satisfatória

Pouco insatisfatória

Insatisfatória

Sugestões:

Quanto à forma das questões, a segunda etapa do questionário está:

- Satisfatória
- Pouco satisfatória
- Pouco insatisfatória
- Insatisfatória

Sugestões:

Quanto à ordem das questões, a segunda etapa do questionário está:

- Satisfatória
- Pouco satisfatória
- Pouco insatisfatória
- Insatisfatória

Sugestões:

Quanto à clareza e precisão de termos, a terceira etapa do questionário está:

- Satisfatória
- Pouco satisfatória
- Pouco insatisfatória
- Insatisfatória

Sugestões:

Quanto à forma das questões, a terceira etapa do questionário está:

- Satisfatória
- Pouco satisfatória
- Pouco insatisfatória
- Insatisfatória

Sugestões:

Quanto à ordem das questões, a terceira etapa do questionário está:

- Satisfatória
- Pouco satisfatória
- Pouco insatisfatória
- Insatisfatória

Sugestões:

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO VALIDADO

Mensagem inicial

Olá! Sou estudante da Especialização em Ensino de Ciências e Biologia (EECB) do Colégio Pedro II e professora de Biologia. Para o Trabalho de Conclusão de Curso, me propus a analisar a potencialidade da Bioinformática no Ensino Básico brasileiro e a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Colégio Pedro II (Parecer: 3.363.788). Nessa pesquisa, envio um questionário para professores formados e em formação de Biologia/Ciências que consiste em três etapas: Perfil do Entrevistado, Compreensão sobre Bioinformática e Atualização. A partir de sua resposta, será possível obter um panorama geral sobre a potencialidade da utilização de Bioinformática no Ensino Básico brasileiro. Para a validação da sua participação, é necessário que você leia atentamente o "Termo de Consentimento Livre Esclarecido" (TCLE), indique seu e-mail e concorde em participar da pesquisa, clicando em "sim" na pergunta a seguir. Muito obrigada!

Seção 1 - Perfil do entrevistado

1. Data de nascimento

2. Universidade onde concluiu ou concluirá a licenciatura

3. Ano de conclusão ou previsão de conclusão

4. Você possui Pós-Graduação?

() Mestrado. Ano:____ Instituição:_____Área:_____

() Doutorado. Ano:____ Instituição:_____Área:_____

() Especialização. Ano:____ Instituição:_____Área:_____

() Não possuo, sou licenciando

() Não possuo, sou licenciado

5. Onde leciona?

() Rede privada

- Rede pública estadual
- Rede pública municipal
- Rede pública federal
- Sou formado(a), mas ainda não leciono
- Sou estudante de licenciatura
- Outro: _____

6. Há quanto tempo leciona?

- Até 5 anos
- Entre 5 e 10 anos
- Entre 10 e 15 anos
- Mais de 15 anos

Seção 2 – Compreensão sobre a Bioinformática

8. O que você entende por Bioinformática e quais suas aplicações?

9. Em sua formação, você teve algum contato com a Bioinformática?

- Sim. Breve relato: _____
- Não.

7. Qual/quais tecnologias você utiliza em sala de aula?

- Aplicativos que facilitem o aprendizado
- Datashow
- Redes Sociais
- E-mail
- Bancos de dados
- Outros _____
- Não utilizo nenhuma tecnologia.

10. Quais dessas ferramentas de Bioinformática você conhece ou já ouviu falar?

- Uniprot/Swiss-Prot
- PubMed
- OMIM
- Human Gene Mutation Database
- NCBI
- BLAST
- Esembl
- KEGG
- PDB
- GeneCards
- Outros. Qual/quais? _____

11. A Bioinformática pode ser usada como uma ferramenta no Ensino de Ciências e Biologia?

- Sim
- Não
- Não tenho certeza
- Outros _____

13. Considerando as áreas abaixo, quais poderiam ser ensinadas tendo a Bioinformática como ferramenta?

- Biologia celular
- Genética
- Biologia Molecular
- Evolução
- Outros. _____

14. Você já utilizou alguma ferramenta de Bioinformática em sala de aula? Em caso negativo, justifique. Em caso positivo, descreva sua experiência.

15. Qual a relevância de se utilizar ferramentas de Bioinformática no Ensino Básico?

16. Quais os desafios para a implementação da bioinformática no Ensino Básico?

3ª etapa - Atualização

17. Você acredita que, com o treinamento adequado, poderia implementar a Bioinformática na sua prática docente?

- Sim
- Não
- Não tenho certeza
- Outros _____

18. A Bioinformática pode viabilizar a interdisciplinaridade com as disciplinas:

- Matemática
- Informática
- Química
- Física
- Português
- Inglês
- Literatura
- Outros _____
- Não vejo essa possibilidade

19. Se achar adequado, faça considerações sobre o tema que, no seu ponto de vista, não foram abordadas neste questionário.

20. Você teria interesse em obter formação complementar sobre a Bioinformática como ferramenta de ensino de ciências e biologia?

- Sim
- Não
- Não tenho certeza
- Outros _____

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – QUESTIONÁRIO VALIDADO

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa denominada “As potencialidades da Bioinformática no Ensino de Ciências e Biologia no Brasil: revisão bibliográfica e a concepção de educadores”, realizada no âmbito da Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II e que diz respeito a um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da Especialização em Ensino de Ciências e Biologia.

1. **OBJETIVO:** O objetivo do estudo é compreender o panorama geral brasileiro acerca da implementação da bioinformática no Ensino de Ciências e Biologia.

2. **PROCEDIMENTOS:** a sua participação consistirá em responder a um questionário, via formulário Google, dividido em três etapas, sendo elas: (1) perfil do entrevistado, (2) compreensão sobre Bioinformática e (3) atualização. Os resultados serão quantificados e comparados entre três grandes grupos: (1) licenciandos, (2) licenciados com pós-graduação e (3) licenciados sem pós-graduação, podendo ser estratificados conforme o tempo de atuação em sala de aula e ano de formação. Os dados gerados através desta pesquisa poderão ser divulgados em eventos ou revistas científicas, mantendo o anonimato dos candidatos.

3. **POTENCIAIS RISCOS E BENEFÍCIOS:** Toda pesquisa oferece algum tipo de risco. Nesta pesquisa, o risco pode ser avaliado como mínimo, isto é, o participante pode apresentar constrangimento ao responder as perguntas do questionário. Objetivando minimizar esses riscos, o participante tem a possibilidade de manter seu anonimato e desistir de contribuir para a pesquisa quando achar necessário. Por outro lado, são esperados os seguintes benefícios da participação na pesquisa: reflexão quanto à sua prática docente, quanto à interdisciplinaridade em sala de aula e quanto à utilização de ferramentas tecnológicas em aula, principalmente da Bioinformática.

4. **GARANTIA DE SIGILO:** os dados da pesquisa serão publicados/divulgados em livros e revistas científicas. Asseguramos que a sua privacidade será respeitada e o seu nome ou qualquer informação que possa, de alguma forma, identificá-lo (a), será mantida em sigilo. A pesquisadora responsável se compromete a manter os dados da pesquisa em arquivo, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

5. **LIBERDADE DE RECUSA:** a sua participação neste estudo é voluntária e não é obrigatória. Você poderá se recusar a participar do estudo ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar. Se desejar sair da pesquisa você não sofrerá qualquer prejuízo.

6. **CUSTOS, REMUNERAÇÃO E INDENIZAÇÃO:** a participação neste estudo não terá custos adicionais para você. Também não haverá qualquer tipo de pagamento devido a sua participação no estudo. Fica garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, nos termos da Lei.

7. **ESCLARECIMENTOS ADICIONAIS, CRÍTICAS, SUGESTÕES E RECLAMAÇÕES:** você receberá uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a outra ficará com a pesquisadora. Caso você concorde em participar, basta clicar em “sim” na primeira pergunta do Formulário Google, completar o questionário e a sua via do TCLE será enviada via e-mail. Você poderá ter acesso à pesquisadora, Isabelle de Oliveira Moraes, pelo telefone (21) 99895-7110 ou pelo e-mail iolliveira.moraes@gmail.com. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Colégio Pedro II (CEP/CPII), situado no Endereço: Campo de São Cristóvão nº 177, prédio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura

(PROPGPEC), sala 202-B – São Cristóvão – Rio de Janeiro, CEP 29921-903, pelo telefone: 21 3891-0020 ou pelo e-mail: cep@cp2.g12.br.

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – PRÉ-TESTE

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário (a) da pesquisa denominada “As potencialidades da Bioinformática no Ensino de Ciências e Biologia no Brasil: revisão bibliográfica e a concepção de educadores”, realizada no âmbito da Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II e que diz respeito a um (a) Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da Especialização em Ensino de Ciências e Biologia.

1. OBJETIVO: O objetivo do estudo é compreender o panorama geral brasileiro acerca da implementação da bioinformática no Ensino de Ciências e Biologia.

2. PROCEDIMENTOS: a sua participação consistirá em avaliar um questionário produzido como instrumento de coleta para a pesquisa, via Formulário Google, o qual está dividido em três etapas, sendo elas: (1) perfil do entrevistado, (2) compreensão sobre Bioinformática e (3) atualização. Ao final de cada etapa, haverá um bloco avaliativo que deverá pontuar a etapa de acordo com: (1) clareza e precisão de termos, (2) forma de questões, (3) ordem das questões e (4) introdução do questionário. Através de sua contribuição, será possível evidenciar possíveis falhas do questionário, tais como complexidade, imprecisão e exatidão do instrumento de pesquisa. Sua avaliação será utilizada para a melhoria do questionário produzido, mas não será utilizada como dados publicáveis em revistas científicas.

3. POTENCIAIS RISCOS E BENEFÍCIOS: Toda pesquisa oferece algum tipo de risco. Nesta pesquisa, o risco pode ser avaliado como mínimo, isto é, o participante pode apresentar constrangimento ao avaliar o instrumento de pesquisa elaborado. Objetivando minimizar esses riscos, o participante tem a possibilidade de manter seu anonimato e desistir de contribuir para a pesquisa quando achar necessário. Por outro lado, são esperados os seguintes benefícios da participação na pesquisa: auxílio na construção de um instrumento de pesquisa e reflexão quanto à sua prática docente.

4. GARANTIA DE SIGILO: os dados da pesquisa serão publicados/divulgados em livros e revistas científicas. Asseguramos que a sua privacidade será respeitada e o seu nome ou qualquer informação que possa, de alguma forma, identifica-lo (a), será mantida em sigilo. A pesquisadora responsável se compromete a manter os dados da pesquisa em arquivo, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

5. LIBERDADE DE RECUSA: a sua participação neste estudo é voluntária e não é obrigatória. Você poderá se recusar a participar do estudo ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar. Se desejar sair da pesquisa você não sofrerá qualquer prejuízo.

6. CUSTOS, REMUNERAÇÃO E INDENIZAÇÃO: a participação neste estudo não terá custos adicionais para você. Também não haverá qualquer tipo de pagamento devido a sua participação no estudo, nem direito à autoria ou coautoria da pesquisa nas publicações resultantes. Fica garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, nos termos da Lei.

7. ESCLARECIMENTOS ADICIONAIS, CRÍTICAS, SUGESTÕES E RECLAMAÇÕES: você receberá uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a outra ficará com a pesquisadora. Caso você concorde em participar, basta clicar em “sim” na primeira pergunta do Formulário Google, completar o questionário e a sua via do TCLE será enviada via e-mail. A pesquisadora garante a você livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências. Você poderá ter acesso à pesquisadora Isabelle de Oliveira Moraes pelo telefone (21) 99895-7110 ou pelo e-mail iolliveira.moraes@gmail.com. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Colégio Pedro II

(CEP/CPII), situado no Endereço: Campo de São Cristóvão nº 177, prédio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura (PROPGPEC), sala 202-B – São Cristóvão – Rio de Janeiro, CEP 29921-903, pelo telefone: 21 3891-0020 ou pelo e-mail: cep@cp2.g12.br.